10/536756
PCT/KR 2004/000032
RO/KR 10.01.2004

REC'D 09 MAR 2004
WIPO PCT

대 한 민 국 특 허 청
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

BEST AVAILABLE COPY

출 원 번 호 : 10-2004-0000800
Application Number

출 원 년 월 일 : 2004년 01월 06일
Date of Application JAN 06, 2004

출 원 인 : 서홍석 외 1명
Applicant(s) SEO, HONG SEOK, et al.

특허청

2004 년 01 월 10 일

특 허 청
COMMISSIONER

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

【서지사항】

【서류명】 특허출원서

【권리구분】 특허

【수신처】 특허청장

【참조번호】 0001

【제출일자】 2004.01.06

【발명의 명칭】 정방형 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성 결정 방법 및 연성결정복조장치

【발명의 영문명칭】 A demodulation method using soft decision for quadrature amplitude modulation and apparatus thereof

【출원인】

【성명】 서홍석

【출원인코드】 4-2003-023911-0

【출원인】

【성명】 김태훈

【출원인코드】 4-2003-023912-6

【대리인】

【성명】 정세성

【대리인코드】 9-2000-000300-3

【포괄위임등록번호】 2003-043328-6

【포괄위임등록번호】 2003-043327-9

【발명자】

【성명】 서홍석

【출원인코드】 4-2003-023911-0

【발명자】

【성명】 김태훈

【출원인코드】 4-2003-023912-6

【심사청구】 청구

【취지】 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사 를 청구합니다. 대리인
정세성 (인)

【수수료】

【기본출원료】 36 면 38,000 원

【가산출원료】 0 면 0 원

【우선권주장료】	0	건	0	원
【심사청구료】	16	항	621,000	원
【합계】	659,000	원		
【감면사유】	개인 (70%감면)			
【감면후 수수료】	197,700	원		

【첨부서류】 1. 기타첨부서류_1통

【요약서】

【요약】

본 발명은 정방형 직교진폭변조(QAM) 신호의 연성결정(Soft decision) 복조에 관한 것으로, 이와 같은 연성결정 복조 방법은 동위상 신호 성분과 직교위상 신호 성분으로 구성되는 정방형 직교진폭변조(QAM) 수신신호를 복조하기 위한 연성결정 방법에 있어서, 수신된 신호의 직교위상 성분값과 동위상 성분값으로부터 조건판단 연산이 포함된 함수를 이용하여 경성결정(hard decision)의 비트 위치에 대응하는 각각의 연성결정값인 거리확률벡터값을 구하며 이로 인해 처리속도의 향상과 실제 하드웨어의 생산비 절감을 기대할 수 있다.

【대표도】

도 9

【색인어】

연성결정, soft decision, QAM, 복조

【명세서】

【발명의 명칭】

정방형 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성 결정 방법 및 연성결정복조장치{demodulation method using soft decision for quadrature amplitude modulation and apparatus thereof}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 제1실시 예에 따른 연성결정 복조 방법을 설명하기 위한 조합 분포도(Constellation Point)를 나타낸 도면

도 2 및 도 3은 도 1에 나타낸 조합 분포도에서의 비트 분포를 설명하기 위한 도면

도 4는 본 발명의 제2실시 예에 따른 연성결정 복조 방법을 설명하기 위한 조합 분포도(Constellation Point)를 나타낸 도면

도 5 및 도 6은 도 4에 나타낸 조합 분포도에서의 비트 분포를 설명하기 위한 도면

도7 은 본 발명에 따른 거리확률벡터 결정과정을 기능블럭으로 나타낸 도면

도8은 본 발명에 따른 제1형 64-QAM의 연성결정 위한 하드웨어 구성을 나타낸 도면

도 9는 하기 제1형의 1024-QAM의 각 거리확률벡터에 대한 출력도면

도 10은 하기 제2형의 1024-QAM의 각 거리확률벡터에 대한 출력도면

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<9> 본 발명은 직교진폭변조(이하 QAM이라 지칭함)된 신호의 연성결정 복조에 관한 것으로, 특히 수신신호를 복조함에 있어 일정의 함수와 패턴을 활용하여 연성결정의 처리속도를 향상시킨 연성결정 복조 방법에 관한 것이다.

<10> QAM 방식은 주어진 하나의 파형 심벌에 2개 이상의 비트(bit)를 실어 보낼 수 있게 한 것으로, 이러한 파형을 수학적으로 표현하자면 서로 간섭하지 않는 두수 실수와 허수로 표현할 수 있다. 즉 복소수 $\alpha+\beta i$는 α의 값의 변화가 β의 값에는 영향을 미치지 않는다. 이러한 이유로 직교신호성분은 α에 동위상신호성분은 β에 대응시켜 볼 수 있다. 일반적으로 직교위상성분을 Q-채널이라 지칭하고, 동위상성분신호를 I-채널이라 지칭한다.

<11> 이러한 두 파의 진폭을 서로 연결시켜 다수개의 조합을 만들어내며 이러한 조합을 균등한 조건확률을 갖도록 복소평면위에 위치시키고 이러한 위치를 약속해 놓은 것을 QAM의 조합분포도(constellation diagram)라 일컫는다. 도 1은 이러한 조합분포도의 일예를 보인 것이며 그 크기는 16개의 조합을 나타내고 있음을 볼 수 있다. 또한 도 1에서 볼 수 있는 각각의 점들을 지칭하여 분포점(constellation point)라 한다. 또한 그 각각의 분포점 밑에 적힌 2진수의 조합이 각 점에 설정된 심벌, 즉 비트의 묶음이라 한다.

<12> 일반적으로 QAM 복조기는 I 채널과 Q 채널로 들어오는 신호, 즉 $\alpha+\beta i$로 주어지는 수신된 신호를 앞서 언급한 미리 약조된 위치 즉, 조합 분포도에 따라 원래의 비트묶음으로 변환해 주는 역할을 한다. 하지만 이때 수신된 신호가 잡음 간섭의 영향으로 인해 대부분의 경우 미리

지정된 자리, 즉 조합 분포도에 위치하지 않게 되고, 이러한 이유로 복조기는 이러한 잡음으로 인해 변화된 신호를 원래의 신호로 복원해야 한다. 그러나 이러한 잡음제거의 역할을 복조기가 담당하기에는 통신의 신뢰성 확보에 종종 무리가 있음으로 이러한 역할을 다음 단계인 채널 복호기(channel decoder)로 넘겨줌으로써 보다 효과적이고 신뢰성 높은 통신 시스템을 구현할 수 있게 된다. 하지만 이러한 과정을 수행하기 위해서는 경성결정(hard decision)에서처럼 2진 비트 검출기에 의해 수행되는 비트 양자화는 연속하는 값을 갖는 복조 신호를 2 레벨의 이산 신호로 대응시킴으로써 정보의 손실이 있으므로, 2진 비트 검출기를 사용하지 않고, 수신된 신호와 약속된 분포점 사이의 거리에 대한 유사도 척도를 해밍(Hamming) 거리에서 유클리언(Euclidean) 거리로 바꾼 것으로, 추가적인 이득(Gain)을 얻을 수 있다.

<13> 도 8에서 보는 바와 같이 채널부호기(Channel encoder)에 의해 부호화된 신호를 변조한 후 송신하고, 이를 수신기의 채널복호기에서 연성결정부호과정을 통해 복호되기 위해서는 복조기가 동위상신호성분과 직교위상신호성분으로 구성되는 수신신호로부터 채널부호기의 출력비트 각각에 상응하는 연성결정값들을 생성해내는 방식을 가지고 있어야 한다. 이러한 방식에는 크게 두 가지가 존재하는데 노키아 (Nokia)사가 제안한 심플매트릭법(simple metric procedure)과 모토롤라(Motorola)사가 제안한 이중최소매트릭법(dual minimum metric procedure)이 바로 그것인데 두 방식 모두 각 출력 비트에 대한 LLR(log likelihood ratio)을 계산하여 이를 채널 복호기의 입력 연성결정값으로 사용한다.

<14> 심플매트릭법은 복잡한 LLR 계산식을 간단한 형태의 근사식으로 변형한 사상 알고리듬으로 LLR 계산은 간단하지만 근사식을 이용함으로써 초래되는 LLR 왜곡에 의한 성능열화가 단점으로 지적된다. 반면, 이중최소매트릭법은 보다 정확한 근사식을 사용하여 계산된 LLR을 채널 복호기의 입력으로 사용하는 사상 알고리듬으로 심플매트릭법을 사용할 경우 발생되는 성능열

화를 상당히 개선하는 장점을 가지고 있지만, 심플매트릭법에 비해 더 많은 계산량을 필요로 하며 하드웨어 구현시에도 그 복잡도에 있어서 상당한 증가가 예상되는 문제점을 안고 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<15> 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 종래 기술의 문제점들을 해결하기 위하여 안출한 것으로서, 동위상 신호 성분과 직교위상 신호 성분으로 구성되는 직교진폭변조(QAM) 수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법에 있어서, 수신된 신호의 직교위상성분값과 동위상성분값으로부터 조건 판단 연산이 포함된 함수를 이용하여 경성결정(hard decision)의 비트 위치에 대응하는 각각의 연성결정값인 거리확률벡터값을 구하며 이로 인해 처리속도의 향상과 실제 하드웨어의 생산비 절감을 기대할 수 있다. 이러한 과정을 수행하기 위하여 우선 기존에 알려져 있는 QAM의 조합분포도의 형태와 그에 따른 특징적인 복조방법에 대해 언급하자면 다음과 같다. QAM의 조합분포도는 그 분포점들에 설정되어진 비트묶음의 배치에 따라 크게 3가지로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째는 도 1부터 3까지 나와 있는 것과 같이 분포되어 있는 형태이고 두 번째는 도 4부터 6까지 나와 있는 분포형태 이며 나머지 세 번째는 이 특허의 범위에 포함되지 않는다.

<16> 도 1 에 나타나 있는 형태의 특징은 도 9에서 볼 수 있듯이 다음과 같이 요약할 수 있다. QAM의 크기가 2^{2n}인 경우 각 점에 설정되는 비트의 개수는 2n개가 되고 그 중에서 전반, 즉 1번 비트부터 n번 비트에 해당하는 거리확률벡터값들은 수신신호 α나 β중 어느 하나에 의해 복조가 되고 후반 n+1번째 비트부터 마지막 2n번째 비트에 해당하는 거리확률벡터값들은 나머지 하나의 수신신호에 의해 복조가 되며, 또한 이 두 가지의 복조에 적용되는 방정식은 전반과 후반의 방법이 같다. 다시 말해 전반의 복조 방법에다 후반에 해당하는 수신신호의 값을 대입하면 후반의 결과를 얻을 수 있다. (이러한 형태를 편의상 이후 '제1형' 이라 지칭 한다)

<17> 도 4에 나타나 있는 형태의 특징은 도 10에서 볼 수 있듯이 다음과 같이 요약할 수 있다. QAM의 크기가 2^{2n}인 경우 각 점에 설정되는 비트의 개수는 2n개가 되고 홀수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터의 복조 방법은 그 다음의 짝수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터의 계산방법과 일치한다. 단 여기서 홀수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터를 계산하기 위한 수신신호 값은 α나 β중 어느 하나를 주어진 조합분포도에 따라 사용하고 짝수 번째 비트를 위한 수신신호 값은 나머지 하나를 사용하게 된다. 다시 말해 첫 번째와 두 번째 거리확률벡터 계산의 경우 복조방법은 같고 단지 사용되는 수신신호의 값만이 다를 뿐이다 (이러한 형태를 편의상 이후 '제2형' 이라 지칭 한다)

<18> 본 발명의 다른 목적, 특성 및 이점들은 첨부한 도면을 참조한 실시 예들의 상세한 설명을 통해 명백해 질 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

<19> 본 발명은 산업체에서 주로 사용하고 있는 정방형 QAM 신호의 연성결정 복조 방식인 로그 유사율(log Likelihood ratio) 방식 대신 거리확률벡터 방정식을 적용하여 처리 속도를 현저히 향상하게 된다. 새롭게 개발된 정방형 QAM 신호의 복조 방법은 제1형과 제2형의 경우로 나누어 설명하겠으며 이에 대한 예는 제1실시 예와 제2실시 예를 통해 보여줄 것이다. 또한 최종적인 거리확률벡터값의 출력 범위는 임의의 실수 a 와 -a 사이에서 출력이 되어진다.

<20> 먼저 설명에 들어가기에 앞서 몇 가지 기본 전제에 대한 설명을 하자면 QAM의 크기는 수학식 1로 특징 지어 질 수 있으며 그에 따라 분포도의 각 점에 설정되는 비트의 수는 수학식 2로 특징 지어 질 수 있다.

<21> [수학식1]

<22> 2^{2n}-QAM, n=2,3,4 ……

<23> [수학식2]

<24> 각 점에 설정된 비트의 개수 = 2n

<25> 이에 따라 최종 출력값인 거리확률벡터값의 개수도 2n개가 되어진다.

<26> 우선 제1형에 해당하는 정방형 QAM의 수신신호를 연성결정하는 방법에 대하여 설명하겠다. 제1형의 경우 상기 제1형의 특징을 설명함에 있어 언급한 바와 같이 전반의 비트 조합에 해당하는 거리확률벡터를 계산하기 위해 수신신호 중 직교위상성분(실수부 또는 α)나 동위상 신호성분(허수부 또는 β)의 값 어느 하나를 사용한다고 하였는데 아래의 설명에서는 이해의 편의를 위해 전반은 β값을 후반은 α값을 사용하여 복조하고 그에 따른 출력의 범위는 편의상 1과 -1사이의 값으로 정하겠다. 또한 각 비트의 순서를 나타내는 변수로 k를 사용하겠다.

<27> 제1형에서 첫 번째 비트 즉 k가 1인 경우에 대응하는 거리확률벡터를 계산하는 방법은 수학식 3으로 나타내어 질 수 있으며 이를 시각화 한 것이 도 4이다.

<28> [수학식3]

<29> ① 첫 번째 거리확률벡터의 경우(k=1) 조건 없이 출력값은 $\frac{1}{2^n}\beta$ 로 결정된다. 단 여기서 n의 값은 QAM의 크기에 의해 상기 수학식1에 의해 결정된다.

<30> 제1형에서 두 번째 비트(k=2)에 대응하는 거리확률벡터를 계산하는 방법은 수학식 4로 나타내어 질 수 있으며 이를 시각화 한 것이 도 5이다.

<31> [수학식4]

<32> ① 두 번째 거리확률벡터의 경우(k=2) 조건없이 출력값은 $c-\frac{c}{2^{n-1}}|\beta|$ 로 결정된다.

<33> 여기서, n은 수학식1에서 QAM의 크기 변수이고 c 는 상수이다.

<34> 제1형에서 세 번째 비트부터 n번째 비트($k=3,4,\cdots,n-1,n$)에 대응하는 거리확률벡터를 계산하는 방법은 수학식 5로 나타내어 질 수 있다. 여기서 도 9에서 확인할 수 있듯이 세 번째 비트 이상에 대응하는 거리확률벡터는 일정한 반복(∨의 모양) 형태를 보이므로 이러한 성질을 이용하여 하나의 식을 반복적으로 사용할 수 있음을 인지해야 할 것이다.

<35> [수학식5]

<36> ① 우선 기본이 되는 ∨ 모양의 형태로 출력도를 구분하면 각 비트에 대응하는 거리확률벡터는 $2^{k-3}+1$개의 영역으로 구분된다.

<37> ② 기본 형태에 따르는 기본식은 $\frac{d}{2^{n-k+1}}|\beta|-d$ 로 결정된다.

<38> ③ 주어진 β으로 소속된 영역을 찾고 각 영역의 중심값 m (예를 들어 k=4일 경우 반복되는 영역은 1개 이므로 이 영역은 $2^{n-2}\leq|\beta|<3\cdot 2^{n-2}$ 이 되고 중심값은 $m=2^{n-1}$ 된다.)을 뺀 $|\beta|-m$값을 새로운 β으로 하여 기본식에 대입하면 출력값을 결정할 수 있다.

<39> ④ 마지막으로 구분된 영역들 중 가장 좌우 바깥쪽에 있는 영역, 다시말해 $(2^{k-2}-1)2^{n-k+2}<|\beta|$ 인 영역에서는 중심값을 $m=2^n$으로 하여 $|\beta|-m$ 값을 새로운 β으로 하여 기본식에 대입하면 출력값을 결정할 수 있다.

<40> 여기서 d는 k값에 따라 변하는 상수이다.

<41> 제1형의 후반 비트들 즉 비트 번호 n+1부터 2n까지에 대응하는 거리확률벡터의 계산 방법은 상기 제1형의 특징에 따라 전반의 거리확률벡터를 구하는 방법에서 β를 α로 치환하면 얻을 수 있다. 다시 말해 수학식 3에 있는 모든 β를 α로 치환한 조건이 후반의 첫 번째 거리확률벡터 즉 n+1번째 비트에 대응하는 거리확률벡터 계산식이 된다. 후반의 두 번째 거리확률벡터인 n+2번째 비트에 대응하는 거리확률벡터 또한 전반의 두 번째 거리확률벡터를 계산하는

조건인 수학식 4에서 β를 α로 치환하면 판별할 수 있고 그 이후의 경우인 비트번호 n+3부터 2n까지에 대응하는 거리확률벡터는 수학식 5를 앞서와 같이 변형하면 판별할 수 있다.

<42> 다음으로 제2형에 해당하는 정방형 QAM의 수신신호를 연성결정하는 방법에 대하여 설명하겠다. 이해의 편의를 돕기 위해 홀수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터를 판별하기 위해 α값을 사용하고 짝수 번째 비트를 판별하기 위해 β값을 사용하여 복조하고 그에 따른 출력의 범위는 제1형에서와 같이 편의상 1과 -1사이의 값으로 정하겠다. 또한 각 비트의 순서를 나타내는 변수로 k를 사용하겠다.

<43> 제2형에서 첫 번째 비트(k=1)에 대응하는 거리확률벡터를 계산하는 방법은 수학식 6로 나타내어 질 수 있으며 이를 시각화 한 것이 도 9이다.

<44> [수학식6]

<45> ⓐ 첫 번째 비트의 경우(k=1) 조건 없이 출력값은 $-\frac{1}{2^{n}}\alpha$ 로 결정된다.

<46> 단 여기서 n의 값은 QAM의 크기에 의해 상기 수학식1에 의해 결정된다.

<47> 제2형에서 두 번째 비트(k=2)에 대응하는 거리확률벡터를 계산하는 방법은 상기 제2형의 특징에 따라 첫 번째 거리확률벡터를 계산하는 식인 수학식 6의 α를 β로 치환하면 얻을 수 있다.

<48> 제2형에서 세 번째 비트(k=3)에 대응하는 거리확률벡터를 계산하는 방법은 수학식 7로 나타내어 질 수 있다.

<49> [수학식7]

<50> 만일 $\alpha \cdot \beta \geq 0$ 이면

<51> ⓐ 세 번째 비트의 경우(k=3) 조건없이 출력값은 $\frac{c}{2^{n-1}}|\alpha|-c$ 로 결정된다.

<52> 만일 α·β < 0 이면 계산식은 α·β ≥ 0 인 경우의 계산식에 있는 모든 α를 β로 치환한 식으로 정해 진다.

<53> 여기서, n은 수학식1에서 QAM의 크기 변수이고 c 는 상수이다.

<54> 이렇게 α·β ≥ 0 인 경우와 α·β < 0 인 경우로 나누어서 거리확률벡터를 구하는 방법은 제2형 QAM의 또 하나의 특징이라 할 수 있다. 이러한 특징은 제2형의 세 번째 이상 비트에 대응하는 거리확률벡터를 구할 때 적용이 되며 상기 β를 α로 치환하는 것과 같은 상호 치환적인 특성 또한 이 특징에 포함된다 하겠다.

<55> 제2형의 네 번째 비트(k=4)에 대응하는 거리확률벡터를 구하는 식은 상기 제2형의 특징에 의해 세 번째 거리확률벡터를 구하는 식인 수학식 7의 α를 β로, β를 α로 서로 치환 하면 얻어진다.

<56> 제2형의 다섯 번째 비트(k=5)에 대응하는 거리확률벡터를 구하는 식은 수학식 8을 적용하면 된다. 여기서 도 10에서 확인할 수 있듯이 다섯 번째 비트(k=5)이상에 대응하는 거리확률벡터는 일정한 반복(∨의 모양) 형태를 보이므로 이러한 성질을 이용하여 하나의 식을 반복적으로 사용할 수 있음을 인지해야 할 것이다. 단 여기서 다섯 번째 비트 이상에 대응하는 거리확률벡터를 계산할 때 제2형의 특성에 따라 짝수 번째의 결정값은 그 바로 이전 홀수 번째의 결정값을 계산하는데 사용했던 식을 이용하는데, 이는 QAM의 크기가 64 이하일 경우만 적용이 되고 크기가 256 이상일 경우는 제1형과 같이 남아 있는 부분을 둘로 나누어 전반과 후반으로 계산을 수행하면 된다.

<57> [수학식8]

<58> 만일 $\alpha \cdot \beta \geq 0$ 이면

<59> ⓐ 우선 기본이 되는 ∨ 모양의 형태로 출력도를 구분하면 각 비트에 대응하는 거리확률 벡터는 $2^{k-5}+1$개의 영역으로 구분된다.

<60> ⓑ 기본 형태에 따르는 기본식은 $\frac{d}{2^{n-k+3}}|\alpha|-d$ 로 결정된다.

<61> ⓒ 주어진 α로 소속된 영역을 찾고 각 영역의 중심값 m (예를 들어 k=6 일 경우 반복되는 영역은 1개 이므로 이 영역은 $2^{n-2} \leq |\alpha| < 3 \cdot 2^{n-2}$ 이 되고 중심값은 $m=2^{n-1}$이 된다.)을 뺀 $|\alpha|-m$값을 새로운 α로 하여 기본식에 대입하면 출력값을 결정할 수 있다.

<62> ⓓ 마지막으로 구분된 영역들 중 가장 좌우 바깥쪽에 있는 영역, 다시말해 $(2^{k-2}-1)2^{n-k+2} < |\alpha|$ 인 영역에서는 중심값을 $m=2^n$으로 하여 $|\alpha|-m$값을 새로운 α로 하여 기본식에 대입하면 출력값을 결정할 수 있다.

<63> $\alpha \cdot \beta < 0$ 인 경우는 상기 제2형의 특징에 따라 ⓐ, ⓑ, ⓒ와 ⓓ식의 α를 β로 치환하면 얻어진다.

<64> 제2형의 여섯 번째 비트에 대응하는 거리확률벡터의 계산은 QAM의 크기가 64-QAM인 경우 상기 제2형의 특징에 의해 다섯 번째 거리확률벡터를 구하는 식인 수학식 8의 α를 β로 β를 α로 서로 치환 하면 얻어진다. 그러나 QAM의 크기가 256-QAM 이상인 경우는 상기 언급한 것처럼 남아 있는 벡터의 총개수를 반으로 나누어 전반을 구하고 후반은 전반의 식에 수신값(α또는 β)을 치환하여 구하면 된다. 이때 전반의 식에서 변화되는 값은 수신값 뿐이며 비트번호(k)값은 변하지 않고 전반의 것을 사용한다.

<65> 결과적으로 QAM의 크기가 256보다 클 경우 제2형의 다섯 번째부터 n+2번째 비트에 대응하는 거리확률벡터의 계산은 상기 수학식 8에 의해 결정된다.

<66> 제2형의 n+3번째부터 마지막 2n번째 비트에 대응하는 조건 확률벡터의 계산은 이미 언급한대로 수학식 8의 변수 α를 β로 치환하여 결정한다.

<67> 이러한 상기 과정을 통하여 수신된 신호 즉 $\alpha+\beta i$라는 값을 이용하여 정방형 QAM의 연성결정 복조를 가능하게 한다. 단 상기 설명된 방법은 수신된 신호를 선택하여 판별식에 대입하는 방법에 있어서 이해를 돕기 위해 임의로 순서를 정한 것이나 실제의 적용에 있어서는 더욱 범용적으로 적용이 되어 수식에서 표현된 α나 β라는 문자가 QAM의 조합 분포형태에 따라 얼마든지 서로 뒤바뀜이 가능하며 출력값 의 범위 또한 a 와 -a 사이만이 아닌 a 와 b 사이값 같은 비대칭형도 될 수가 있음을 인지해야 한다. 이러한 점은 이 발명의 범용성을 넓혀주어 그 의의를 증대시켜 준다 하겠다. 또한 위에 서술되어 있는 계산식들은 자칫 매우 복잡해 보일 수 있으나 이는 범용적인 적용을 위하여 일반화 시킨 계산식이므로 실제 적용을 시킨 실시예를 통해서 보면 그 식이 매우 간단한 식임을 알 수 있다.

<68> -제 1 실시예-

<69> 본 발명 제 1 실시예는 상기 제1형에 해당하는 경우로 상기 제1형의 특징이 적용되며 본 제 1 실시예에서는 QAM의 크기가 1024인 1024-QAM을 예를 들겠다. 수신 신호의 순서선택은 전반에 β를 적용하고 후반에 α에 적용 하기로 한다.

<70> 기본적으로 본 발명에 따른 두 가지 실시예에서의 QAM은 다음 식으로 결정된다. 수학식 1은 QAM의 크기를 결정짓고 수학식 2는 QAM의 크기에 따라 조합 분포도의 각 점에 설정되는 비트의 개수를 나타낸다.

<71> [수학식1]

<72> 2^{2n}-QAM, n=2,3,4 ……

<73> [수학식2]

<74> 각 점에 설정된 비트의 개수 = 2n

<75> 기본적으로 본 발명 제 1 실시예에서의 QAM 크기는 다음 식과 같이 결정되며 이에 따라 최종 출력값인 거리확률벡터값의 개수도 2n개가 되어진다.

<76> 이와 같은 수학식 1부터 2를 이용하여 n이 5일 때, 즉 수학식 1에 따라 2^{2*5}-QAM = 1024-QAM이며 각 분포점에 설정된 비트 수는 수학식 2에 따라 2x5=10비트인 경우를 설명하기로 한다. 먼저 계산식 적용에 들어가기에 앞서 제1형의 특징에 의해 전체 10개의 비트 중 전반 5개의 비트를 위한 계산식을 알면 나머지 후반 5개 비트의 계산식도 바로 알 수 있음을 재차 상기해야 하겠다.

<77> 우선 첫 번째 거리확률벡터 계산식은,

<78> k=1인 경우로 조건 없이 출력값은 $\frac{1}{2^5}\beta$로 결정된다.

<79> 그 다음 두 번째(즉 k=2) 거리확률벡터는,

<80> 조건없이 출력값은 $c-\frac{c}{2^4}|\beta|$로 결정된다.

<81> 단 여기서 c는 상수이다.

<82> 그 다음 세 번째(k=3)의 거리확률벡터 계산식은 다음과 같이 주어지는데

<83> 기본 형태에 따르는 기본식은 $\frac{d}{2^3}|\beta|-d$로 결정된다.

<84> 이때 2개의 영역으로 구분이 되며

<85> 만일 $|\beta| < 2^4$이면 출력값은 $\frac{d}{2^3}|\beta|-d$로 결정되고

<86> 그 이외의 경우 출력값은 $\frac{d}{2^3}||\beta|-32|-d$ 로 결정된다.

<87> 이어서 네 번째(즉, k=4) 조건확률벡터의 계산식은 다음과 같이 주어지는데

<88> 기본 형태에 따르는 기본식은 $\frac{d}{2^2}|\beta|-d$ 로 결정되는데 이때 3개의 영역으로 구분되어 지며

<89> 만일 $|\beta| < 2^3$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2^2}|\beta|-d$ 로 결정되고

<90> $2^3 \le |\beta| < 3\cdot 2^3$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2^2}||\beta|-16|-d$ 로 결정되고

<91> 그 이외의 경우는 $\frac{d}{2^2}||\beta|-32|-d$ 로 결정된다.

<92> 이어서 다섯 번째(즉, k=5) 거리확률벡터 계산식은 다음과 같이 주어지는데

<93> 기본 형태에 따르는 기본식은 $\frac{d}{2}|\beta|-d$ 로 결정되는데 이때 5개의 영역으로 구분되어 지며

<94> 만일 $|\beta| < 2^2$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2}|\beta|-d$ 로 결정되고

<95> $2^2 \le |\beta| < 3\cdot 2^2$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2}||\beta|-8|-d$ 로 결정되고

<96> $3\cdot 2^2 \le |\beta| < 5\cdot 2^2$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2}||\beta|-16|-d$ 로 결정되며

<97> $5\cdot 2^2 \le |\beta| < 7\cdot 2^2$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2}||\beta|-24|-d$ 로 결정되고

<98> 그 이외의 경우는 $\frac{d}{2}||\beta|-32|-d$ 로 결정된다.

<99> 이어서, 6 부터 10번째 거리확률벡터의 계산식은 제1형의 특성에 따라 첫번째 부터 5번째 거리확률벡터 계산식에서 β를 α로 치환하는 식을 사용하면 된다.

100> -제 2 실시예-

101> 본 발명 제 2 실시예는 상기 제2형에 해당하는 경우로 상기 제2형의 특징이 적용되며 본 제 2 실시예에서는 QAM의 크기가 1024인 1024-QAM을 예를 들겠다. 수신 신호의 순서선택은 α를 우선적으로 선택하여 적용하기로 한다.

:102> 제 1 실시예에서 처럼 수학식 1은 QAM의 크기를 결정짓고 수학식 2는 QAM의 크기에 따라 조합 분포도의 각 점에 설정되는 비트의 개수를 나타낸다.

:103> [수학식1]

:104> 2^{2n}-QAM, n=2,3,4 ……

:105> [수학식2]

<106> 각 점에 설정된 비트의 개수 = 2n

<107> 기본적으로 본 발명 제 2 실시예에서의 QAM 사이즈는 상기 식과 같이 결정되며 이에 따라 최종 출력값인 거리확률벡터값의 개수도 2n개가 되어진다.

<108> 이와 같은 수학식 1부터 2를 이용하여 n이 5일 때, 즉 수학식 1에 따라 2^{2*5}-QAM = 1024-QAM이며 각 분포점에 설정된 비트 수는 수학식 2에 따라 2x5=10비트인 경우를 설명하기로 한다.

<109> 우선 첫 번째 거리확률벡터의 계산은

<110> k=1인 경우로 조건 없이 출력값은 $\frac{1}{2^5}\alpha$로 결정된다.

<111> 그 다음 두 번째(k=2) 거리확률벡터 계산식은 상기 첫 번째 계산식의 치환된 형태인 경우로 조건 없이 출력값은 $\frac{1}{2^5}\beta$ 로 결정된다.

<112> 그 다음 세 번째(k=3) 거리확률벡터 계산식은

<113> (1) $\alpha\beta \geq 0$ 일 때, 다음과 같이 주어지는데

<114> 조건없이 출력값은 $c-\frac{c}{2^4}|\alpha|$ 로 결정된다.

<115> 단 여기서 c는 상수이다.

<116> (2) $\alpha\beta < 0$ 일 때,

<117> 이 경우에는 바로 위에서 설명하였던 세 번째 거리확률벡터의 출력을 결정하는 방법($\alpha\beta \geq 0$)에서의 식에서 α를 β로 치환하여 구한다.

<118> 그 다음 네 번째(즉, k=4) 거리확률벡터 계산은

<119> (1) $\alpha\beta \geq 0$ 일 때, 다음과 같이 주어지는데

<120> 조건없이 출력값은 $c-\frac{c}{2^4}|\beta|$ 로 결정된다.

<121> (2) $\alpha\beta < 0$ 일 때,

<122> 이 경우에는 바로 위에서 설명하였던 네 번째 거리확률벡터의 출력을 결정하는 방법($\alpha\beta \geq 0$)에서의 식에서 α를 β로 치환하여 구한다.

<123> 이어서 다섯 번째(즉, k=5)거리확률벡터를 구하는 식은

<124> (1) $\alpha\beta \geq 0$ 일 때, 다음과 같이 주어지는데

<125> 기본 형태에 따르는 기본식은 $\frac{d}{2^3}|\alpha|-d$ 로 결정된다.

<126> 이때 2개의 영역으로 구분이 되며

<127> 만일 $|\alpha|<2^4$이면 출력값은 $\frac{d}{2^3}|\alpha|-d$ 로 결정되고

<128> 그 이외의 경우 출력값은 $\frac{d}{2^3}||\alpha|-32|-d$ 로 결정된다.

<129> (2) $\alpha\beta < 0$ 일 때,

<130> 이 경우에는 바로 위에서 설명하였던 다섯 번째 거리확률벡터의 출력을 결정하는 방법($\alpha\beta \geq 0$)에서의 식에서 α를 β로 치환하여 구한다.

<131> 이어서 여섯 번째 거리확률벡터(즉, k=6)는,

<132> (1) $\alpha\beta \geq 0$ 일때

<133> 기본 형태에 따르는 기본식은 $\frac{d}{2^2}|\alpha|-d$ 로 결정되는데 이때 3개의 영역으로 구분되어지며

<134> 만일 $|\alpha| < 2^3$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2^2}|\alpha|-d$ 로 결정되고

<135> $2^3 \leq |\alpha| < 3\cdot 2^3$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2^2}||\alpha|-16|-d$ 로 결정되고

<136> 그 이외의 경우는 $\frac{d}{2^2}||\alpha|-32|-d$ 로 결정된다.

<137> (2) $\alpha\beta < 0$ 일 때,

<138> 이 경우에는 바로 위에서 설명하였던 여섯 번째 거리확률벡터의 출력을 결정하는 방법($\alpha\beta \geq 0$)에서의 식에서 α를 β로 치환하여 구한다.

<139> 이어서, 7번째(k=7) 거리확률벡터의 계산식은

<140> (1) $\alpha\beta \geq 0$ 일때

<141> 기본 형태에 따르는 기본식은 $\frac{d}{2}|\alpha|-d$ 로 결정되는데 이때 5개의 영역으로 구분되어지며

<142> 만일 $|\alpha| < 2^2$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2}|\alpha|-d$ 로 결정되고

<143> $2^2 \leq |\alpha| < 3 \cdot 2^2$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2}||\alpha|-8|-d$ 로 결정되고

<144> $3 \cdot 2^2 \leq |\alpha| < 5 \cdot 2^2$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2}||\alpha|-16|-d$ 로 결정되며

<145> $5 \cdot 2^2 \leq |\alpha| 7 \cdot 2^2$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2}||\alpha|-24|-d$ 로 결정되고

<146> 그 이외의 경우는 $\frac{d}{2}||\alpha|-32|-d$ 로 결정된다.

<147> (2) $\alpha\beta < 0$ 일 때,

<148> 이 경우에는 바로 위에서 설명하였던 일곱 번째 거리확률벡터의 출력을 결정하는 방법($\alpha\beta \geq 0$)에서의 식에서 α를 β로 치환하여 구한다.

<149> 여덟 번째부터 열 번째 거리 확률 벡터를 구하는 방법은 상기 다섯 번째부터 일곱 번째 거리확률벡터를 구하는 식에서 α를 β로, β를 α로 서로 상호 치환하면 얻어진다.

<150> 도 11은 본 발명에 따른 거리확률벡터 결정과정을 기능블럭으로 나타낸 도면이다.

<151> 도 12는 본 발명에 따른 제1형 64-QAM의 거리확률벡터 결정을 위한 하드웨어 구성을 예시로 나타낸 도면으로 당업자라면 본 발명의 범위안에서 자유롭게 변형하여 하드웨어 구성을 할 수 있을 것이다.

<152> 본 발명은 바람직한 실시예와 연계하여 상술하였다. 하지만 이것은 단지 예시의 목적으로 행해진 것으로 본 발명을 제한하는 것은 아니며, 실제로 당업자들은 본 발명의 범위안에서 변형을 쉽게 이해 할 수 있을 것이다.

【발명의 효과】

<153> 본 발명은 산업체에서 주로 사용하고 있는 정방형 QAM 신호의 연성결정 복조 방식인 로그 유사율(log Likelihood ratio) 방식 대신 선형화된 거리확률벡터 방정식을 적용하여 처리속도의 현저한 향상과 함께 실제 하드웨어 구현시 제조비용의 절감을 기대할 수 있다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

정방형 직교진폭변조(QAM)에서 수신된 신호의 직교위상성분값과 동위상성분값으로부터 조건 판단 연산이 포함된 함수를 이용하여 경성결정(hard decision)의 비트 위치에 대응하는 각각의 연성결정값인 거리확률벡터값을 구하되, 전체비트 중반에 대한 거리확률벡터는 나머지 반의 비트에 대한 거리확률벡터를 결정하는 방법과 동일하고, 단지 직교위상성분값과 동위상성분값을 치환하여 거리확률벡터를 각각 결정하는 직교 진폭 변조의 연성결정 복조방법에 있어서,

1번 비트부터 n번 비트에 해당하는 거리확률벡터값들은 수신신호 α나 β중 어느 하나에 의해 복조가 되고 후반 n+1번째 비트부터 마지막 2n번째 비트에 해당하는 거리확률벡터값들은 나머지 하나의 수신신호에 의해 복조가 되며, 이 두 가지의 복조에 적용되는 방정식은 전반과 후반의 방법이 같은 것을 특징으로 하는 직교진폭 변조의 연성결정 복조방법

【청구항 2】

정방형 직교진폭변조(QAM)에서 수신된 신호의 직교위상성분값과 동위상성분값으로부터 조건 판단 연산이 포함된 함수를 이용하여 경성결정(hard decision)의 비트 위치에 대응하는 각각의 연성결정값인 거리확률벡터값을 구하되, 전체비트 중반에 대한 거리확률벡터는 나머지 반의 비트에 대한 거리확률벡터를 결정하는 방법과 동일하고, 단지 직교위상성분값과 동위상성분값을 치환하여 거리확률벡터를 각각 결정하는 직교 진폭 변조의 연성결정 복조방법에 있어서,

홀수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터의 복조 방법은 그 다음의 짝수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터의 계산방법과 일치하되, 홀수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터를 계산하기 위한 수신신호 값은 α나 β중 어느 하나를 주어진 조합분포도에 따라 사용하고 짝수 번째 비트를 위한 수신신호 값은 나머지 하나를 사용하는 것을 특징으로 하는 직교 진폭 변조의 연성결정 복조방법.

【청구항 3】

제1항에 있어서 첫 번째 거리확률벡터는 수신값 α나 β중 어느 하나를 조합분포도의 형태에 따라 선택하여 하기 [수학식9]에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

[수학식 9]

① 조건 없이 출력값은 $a\cdot\frac{1}{2^{n}}\Omega$ 로 결정.

[여기서 Ω는 선택된 수신값으로 α나 β중 어느 하나의 값, a는 원하는 출력범위에 따라 설정되는 임의의 실수이다]

【청구항 4】

제1항에 있어서 두 번째 거리확률벡터는 첫 번째 거리확률벡터 결정시 선택된 수신값과 하기 [수학식10]에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조 (QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

[수학식10]

① 조건없이 출력값은 $a\cdot(c-\frac{c}{2^{n-1}}|\Omega|)$ 로 결정된다.

[여기서, Ω는 선택된 수신값, n은 QAM의 크기, 즉 2^{2n}을 결정 짓는 변수이고, a는 원하는 출력범위에 따라 설정되는 임의의 실수이고, c는 임의의 상수]

【청구항 5】

제1항에 있어서, 세 번째부터 n번째까지 조건확률벡타는 첫 번째 거리확률벡터 결정시 선택된 수신값과 하기 [수학식11]에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신 신호를 복조하기 위한 연성결정방법

[수학식 11]

① 우선 기본이 되는 V 모양의 형태로 출력도를 구분하면 각 비트에 대응하는 거리확률 벡터는 $2^{k-3}+1$개의 영역으로 구분된다.

② 기본 형태에 따르는 기본식은 $a\cdot(\frac{d}{2^{n-k+1}}|\Omega|-d)$ 로 결정된다.

③ 주어진 Ω로 소속된 영역을 찾고 각 영역의 중심값 m을 뺀 |Ω|-m값을 새로운 Ω로 하여 기본식에 대입하여 출력값을 결정한다.

④ 구분된 영역들 중 가장 좌우 바깥쪽에 있는 영역, 다시말해 $(2^{k-2}-1)2^{n-k+2} < |\Omega|$ 인 영역에서는 중심값을 $m=2^n$으로 하여 |Ω|-m 값을 새로운 Ω로 하여 기본식에 대입하여 출력값을 결정한다.

[여기서, Ω는 선택된 수신값, n은 QAM의 크기, 즉 2^{2n}을 결정 짓는 변수이고, k는 거리확률벡터의 번호(k=3,4,...,n), d는 k값에 따라 변하는 상수, a는 출력범위를 결정짓는 상수]

【청구항 6】

제1항에 있어서, n+1번째부터 2n번째까지 거리확률벡터는 첫 번째 거리확률벡터 결정시 선택되지 않은 수신값과 상기 수학식 9부터 11까지를 각각 이용하여 순차적으로 구하는 것을

특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법 (단 수학식 11에 포함된 거리확률벡터의 번호 k 는 3부터 n까지 순차적으로 n+1부터 2n까지를 대신하여 사용)

【청구항 7】

제2항에 있어서 첫 번째 거리확률벡터는 수신값 α나 β중 어느 하나를 조합분포도의 형태에 따라 선택하여 하기 [수학식12]에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

[수학식 12]

ⓐ 조건 없이 출력값은 $-a \cdot \frac{1}{2^n}\Omega$ 로 결정.

[여기서 Ω는 선택된 수신값으로 α나 β중 어느 하나의 값, n은 QAM의 크기, 즉 2^{2n}을 결정 짓는 변수이고, a는 원하는 출력범위에 따라 설정되는 임의의 실수이다]

【청구항 8】

제2항에 있어서, 두 번째 거리확률벡터는 제2형의 첫 번째 거리확률벡터를 구하는 방법에서 선택된 수신값을 선택되지 않은 수신값으로 치환하여 계산하는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

【청구항 9】

제2항에 있어서, 세 번째 거리확률벡터는 수신값 α나 β중 어느 하나를 조합분포도의 형태에 따라 선택하고 αβ ≥0인 경우, 하기 [수학식13]을 이용하고, αβ <0인 경우에는 하기 [수학식13]에서의 선택된 수신값을 선택되지 않은 수신값으로 치환시켜 결정하는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

[수학식 13]

ⓐ 조건없이 출력값은 $a\cdot(c-\frac{c}{2^{n-1}}|\Omega|)$ 로 결정된다.

[여기서 Ω는 선택된 수신값, n은 QMA의 크기, 즉 2^{2n}을 결정 짓는 변수이고, 'a' 는 원하는 출력범위에 따라 설정되는 임의의 실수이며, c는 임의의 상수이다]

【청구항 10】

제2항에 있어서, 네 번째 거리확률벡터는 제2형의 세 번째 거리확률벡터를 구하는 방법에서 $\alpha\beta\geq0$일 때와 $\alpha\beta<0$ 일 때, 각각 사용한 수신값들을 사용하지 않은 수신값들로 치환하여 계산하는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

【청구항 11】

제2항에 있어서, 다섯 번째 거리확률벡터는 수신값 α나 β중 어느 하나를 조합분포도의 형태에 따라 선택하고 상기 $\alpha\beta\geq0$인 경우 하기 [수학식14]을 이용하고, $\alpha\beta<0$인 경우, 하기 [수학식14]에서의 선택된 수신값을 선택되지 않은 수신값으로 치환시켜 결정하는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

[수학식14]

① 우선 기본이 되는 '∨' 모양의 형태로 출력도를 구분하면 각 비트에 대응하는 거리확률벡터는 2개의 영역으로 구분된다.

② 기본 형태에 따르는 기본식은 $a\cdot(\frac{d}{2^{n-2}}|\Omega|-d)$ 로 결정된다.

③ 주어진 Ω로 소속된 영역을 찾고 각 영역의 중심값 m을 뺀 |Ω|-m값을 새로운 Ω로 하여 기본식에 대입하여 출력값을 결정한다.

④ 구분된 영역들 중 가장 좌우 바깥쪽에 있는 영역, 다시말해 $7 \cdot 2^{n-3} < |\Omega|$ 인 영역에서는 중심값을 $m=2^n$으로 하여 $|\Omega|-m$값을 새로운 Ω로 하여 기본식에 대입하여 출력값을 결정한다.

[여기서, Ω는 선택된 수신값, n은 QAM의 크기, 즉 2^{2n}을 결정 짓는 변수이고, d는 상수, a는 출력범위를 결정짓는 상수이다]

【청구항 12】

제2항에 있어서, QAM의 크기가 64-QAM일때 여섯 번째 거리확률벡터는, 제2형의 다섯 번째 거리확률벡터를 구하는 방법에서 $\alpha\beta \geq 0$일 때와 $\alpha\beta < 0$ 일때, 각각 사용한 수신값들을 사용하지 않은 수신값들로 치환하여 계산하는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

【청구항 13】

제2항에 있어서, QAM의 크기가 256-QAM 이상인 경우 다섯 번째부터 n+2번째까지의 거리확률벡터는 수신값 α나 β중 어느 하나를 조합분포도의 형태에 따라 선택하고 $\alpha\beta \geq 0$인 경우 하기 [수학식15]에 의해 결정되고 $\alpha\beta < 0$ 인 경우 하기 [수학식15]에 선택되지 않은 수신값을 선택된 수식값을 사용하여 결정하는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

[수학식 15]

ⓐ 우선 기본이 되는 'V' 모양의 형태로 출력도를 구분하면 각 비트에 대응하는 거리확률벡터는 $2^{k-5}+1$개의 영역으로 구분된다.

ⓑ 기본 형태에 따르는 기본식은 $a \cdot (\frac{d}{2^{n-k+3}}|\Omega| - d)$ 로 결정된다.

ⓒ 주어진 Ω로 소속된 영역을 찾고 각 영역의 중심값 m (예를 들어 k=6 일 경우 반복되는 영역은 1개 이므로 이 영역은 $2^{n-2} \le |\Omega| < 3 \cdot 2^{n-2}$ 이 되고 중심값은 m=2^{n-1}이 된다.)을 뺀 |Ω|-m값을 새로운 Ω로 하여 기본식에 대입하면 출력값을 결정한다.

ⓓ 구분된 영역들 중 가장 좌우 바깥쪽에 있는 영역, 다시말해 $(2^{k-2}-1)2^{n-k+2} < |\Omega|$ 인 영역에서는 중심값을 m=2^n으로 하여 |Ω|-m값을 새로운 Ω로 하여 기본식에 대입하면 출력값을 결정할 수 있다.

[여기서 k는 거리확률벡터 번호(5,6,…,n)이며 Ω는 선택된 수신값, n은 QAM의 크기, 즉 2^{2n}을 결정 짓는 변수이고, a는 원하는 출력범위에 따라 설정되는 임의의 실수이며 d는 k값에 따라 변하는 상수]

【청구항 14】

제2항에 있어서, QAM의 크기가 256-QAM 이상인 경우 n+3번째부터 2n번째까지의 거리확률벡터는 $\alpha\beta \ge 0$인 경우 제2형의 다섯 번째부터 n+2번째까지의 거리확률벡터 결정시 선택되지 않은 수신값을 사용하여, 상기 [수학식15]에 의해 결정되고 $\alpha\beta < 0$ 인 경우 상기 [수학식15]에 선택되지 않은 수신값을 선택된 수식값을 대신하여 대치하면 얻을 수 있는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

【청구항 15】

정방형 직교진폭변조(QAM)에서 수신된 신호의 직교위상성분값과 동위상성분값으로부터 조건 판단 연산이 포함된 함수를 이용하여 경성결정(hard decision)의 비트 위치에 대응하는 각각의 연성결정값인 거리확률벡터값을 구하되, 전체비트 중반에 대한 거리확률벡터는 나머지 반의 비트에 대한 거리확률벡터를 결정하는 연산과 동일하고, 단지 직교위상성분값과 동위상성

분값을 치환하여 거리확률벡터를 각각 결정하는 거리확률벡터연산부가 포함된 직교 진폭 변조의 연성결정 복조장치에 있어서,

상기 거리확률벡터연산부는 1번 비트부터 n번 비트에 해당하는 거리확률벡터값들은 수신신호 α나 β중 어느 하나에 의해 복조가 되고 후반 n+1번째 비트부터 마지막 2n번째 비트에 해당하는 거리확률벡터값들은 나머지 하나의 수신신호에 의해 복조가 되며, 이 두 가지의 복조에 적용되는 전반과 후반의 방정식은 동일한 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정복조장치.

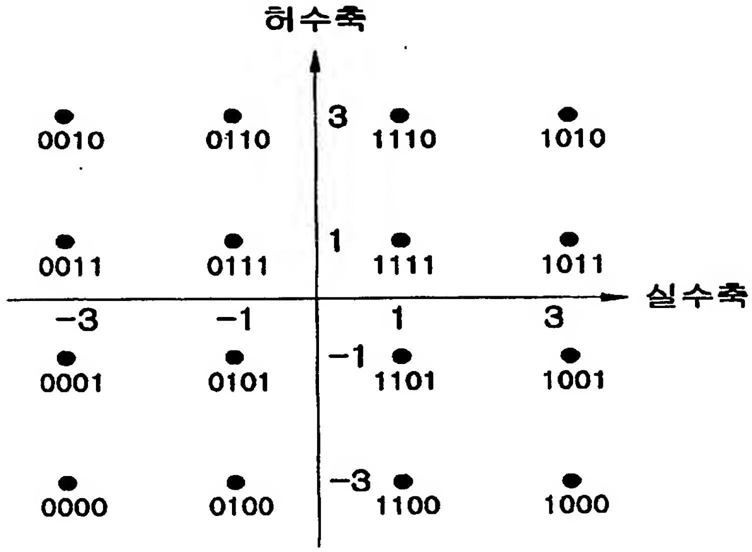
【청구항 16】

정방형 직교진폭변조(QAM)에서 수신된 신호의 직교위상성분값과 동위상성분값으로부터 조건 판단 연산이 포함된 함수를 이용하여 경성결정(hard decision)의 비트 위치에 대응하는 각각의 연성결정값인 거리확률벡터값을 구하되, 전체비트 중반에 대한 거리확률벡터는 나머지 반의 비트에 대한 거리확률벡터를 결정하는 연산과 동일하고, 단지 직교위상성분값과 동위상성분값을 치환하여 거리확률벡터를 각각 결정하는 거리확률벡터연산부가 포함된 직교 진폭 변조의 연성결정 복조장치에 있어서,

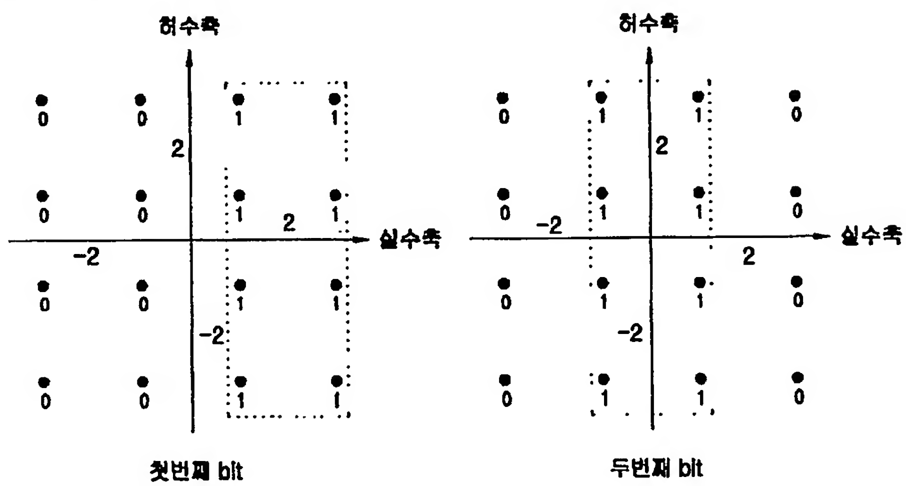
상기 거리확률벡터연산부는 홀수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터의 목조연산은 그 다음의 짝수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터의 연산과 일치하되, 홀수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터를 연산하기 위한 수신신호 값은 α나 β중 어느 하나를 주어진 조합분포도에 따라 사용하고 짝수 번째 비트를 위한 수신신호 값은 나머지 하나를 사용하는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정복조장치.

【도면】

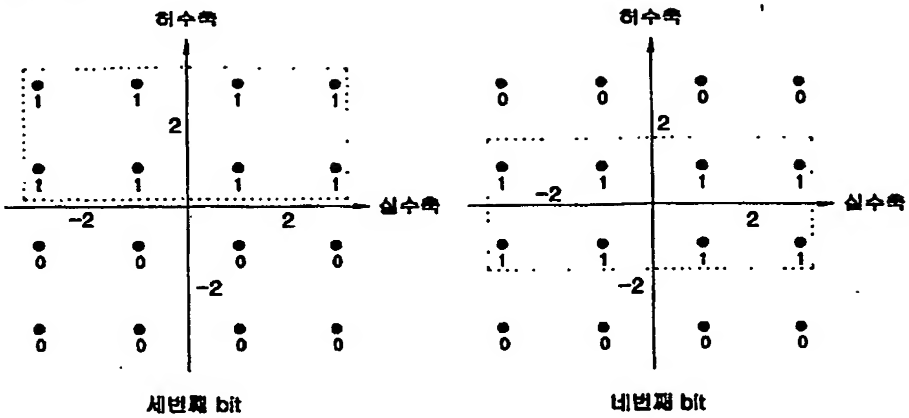
【도 1】


허수축
실수축
3
1
-1
-3
-3
-1
1
3
0010
0110
1110
1010
0011
0111
1111
1011
0001
0101
1101
1001
0000
0100
1100
1000

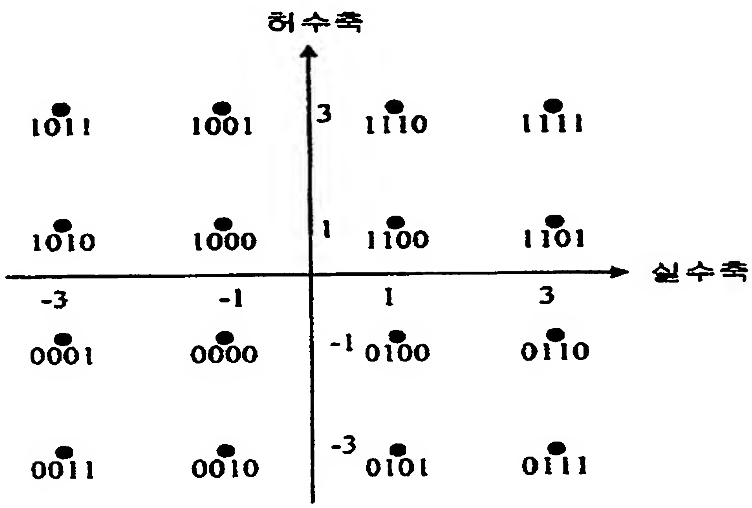
【도 2】


허수축
실수축
2
-2
첫번째 bit
두번째 bit

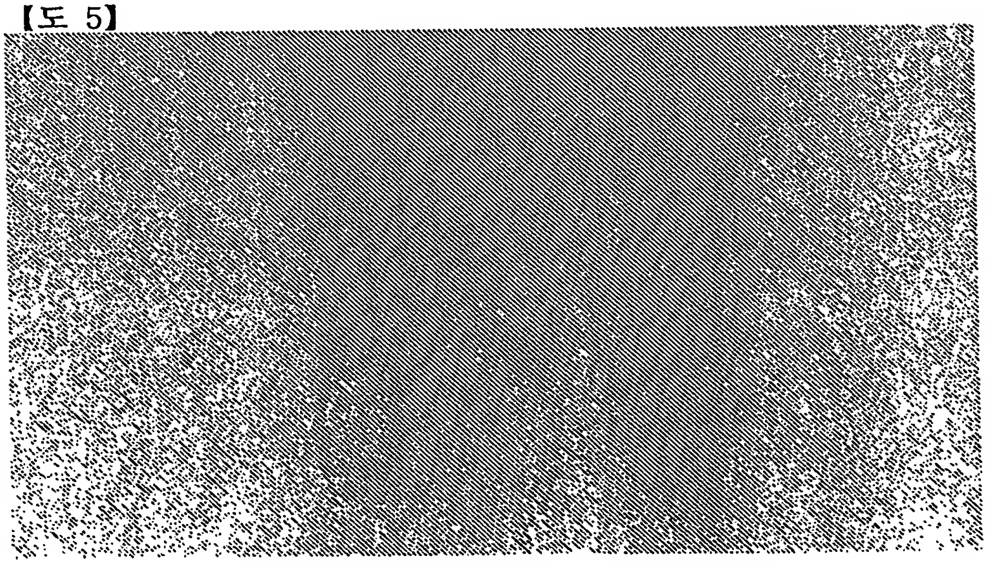
【도 3】


허수축
실수축
세번째 bit
허수축
실수축
네번째 bit

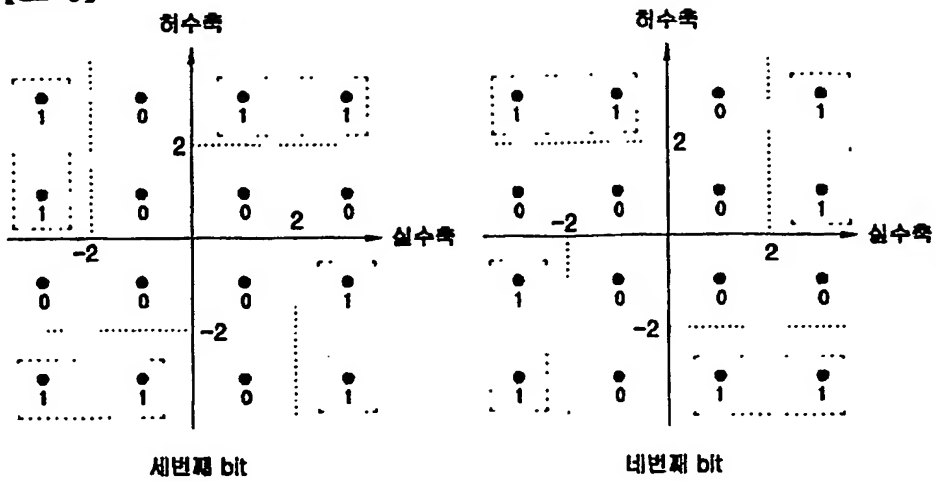
【도 4】


허수축
실수축
1011
1001
1110
1111
1010
1000
1100
1101
0001
0000
0100
0110
0011
0010
0101
0111

【도 5】

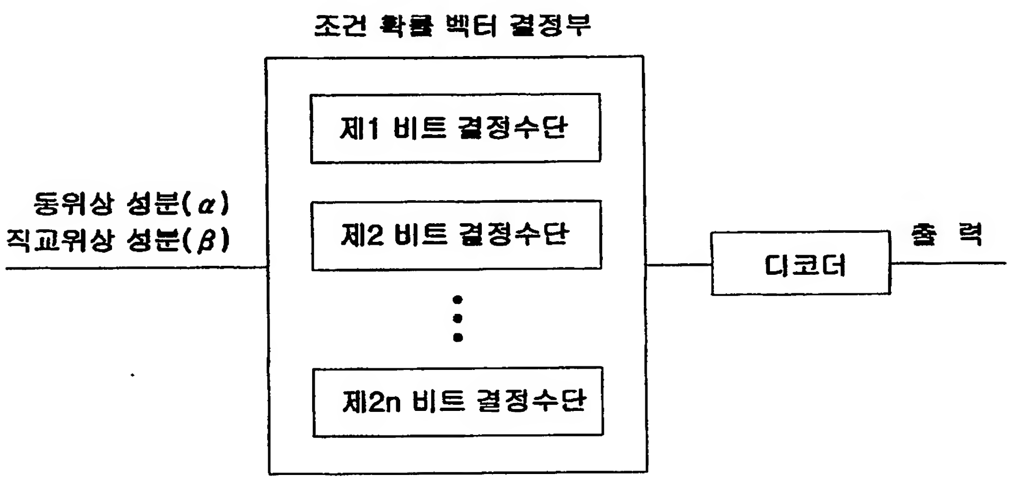


【도 6】



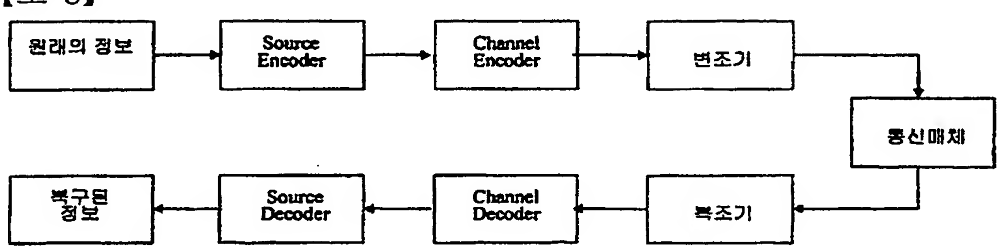
허수축
실수축
세번째 bit
네번째 bit

【도 7】



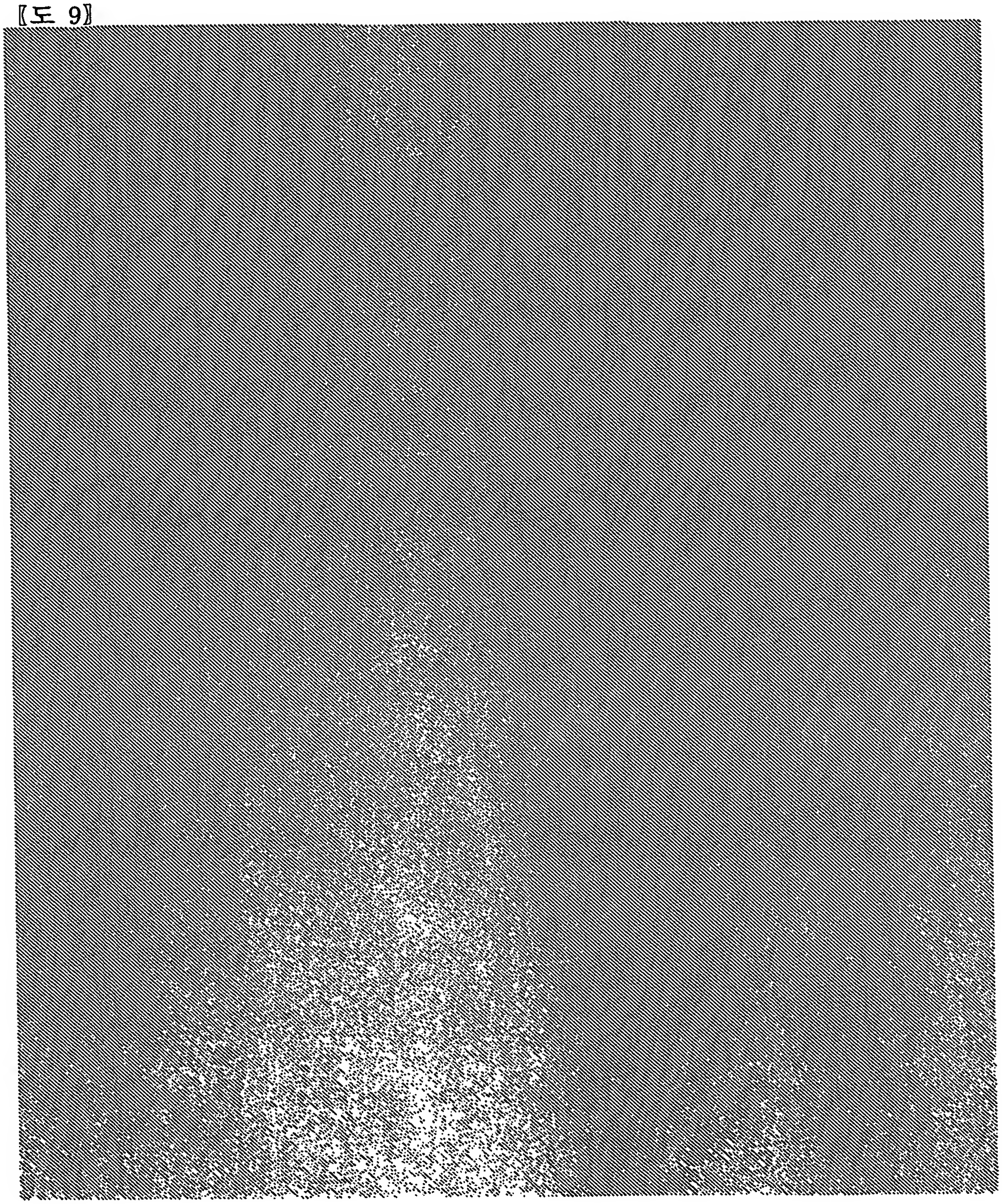
조건 확률 벡터 결정부
제1 비트 결정수단
제2 비트 결정수단
제2n 비트 결정수단
동위상 성분(α)
직교위상 성분(β)
디코더
출 력

【도 8】



원래의 정보
Source Encoder
Channel Encoder
변조기
통신매체
복조기
Channel Decoder
Source Decoder
복구된 정보

【도 9】



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0001
【제출일자】	2004.01.06
【발명의 명칭】	정방형 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성 결정 방법 및 연성결정복조장치
【발명의 영문명칭】	A demodulation method using soft decision for quadrature amplitude modulation and apparatus thereof
【출원인】	
【성명】	서홍석
【출원인코드】	4-2003-023911-0
【출원인】	
【성명】	김태훈
【출원인코드】	4-2003-023912-6
【대리인】	
【성명】	정세성
【대리인코드】	9-2000-000300-3
【포괄위임등록번호】	2003-043328-6
【포괄위임등록번호】	2003-043327-9
【발명자】	
【성명】	서홍석
【출원인코드】	4-2003-023911-0
【발명자】	
【성명】	김태훈
【출원인코드】	4-2003-023912-6
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사 를 청구합니다. 대리인 정세성 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	36 면 38,000 원
【가산출원료】	0 면 0 원

【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	16 항	621,000 원
【합계】	659,000 원	
【감면사유】	개인 (70%감면)	
【감면후 수수료】	197,700 원	
【첨부서류】	1. 기타첨부서류_1통	

【요약서】

【요약】

본 발명은 정방형 직교진폭변조(QAM) 신호의 연성결정(Soft decision) 복조에 관한 것으로, 이와 같은 연성결정 복조 방법은 동위상 신호 성분과 직교위상 신호 성분으로 구성되는 정방형 직교진폭변조(QAM) 수신신호를 복조하기 위한 연성결정 방법에 있어서, 수신된 신호의 직교위상 성분값과 동위상 성분값으로부터 조건판단 연산이 포함된 함수를 이용하여 경성결정(hard decision)의 비트 위치에 대응하는 각각의 연성결정값인 거리확률벡터값을 구하며 이로인해 처리속도의 향상과 실제 하드웨어의 생산비 절감을 기대할 수 있다.

【대표도】

도 9

【색인어】

연성결정, soft decision, QAM, 복조

【명세서】

【발명의 명칭】

정방형 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성 결정 방법 및 연성결정복조장치{demodulation method using soft decision for quadrature amplitude modulation and apparatus thereof}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 제1실시 예에 따른 연성결정 복조 방법을 설명하기 위한 조합 분포도(Constellation Point)를 나타낸 도면

도 2 및 도 3은 도 1에 나타낸 조합 분포도에서의 비트 분포를 설명하기 위한 도면

도 4는 본 발명의 제2실시 예에 따른 연성결정 복조 방법을 설명하기 위한 조합 분포도(Constellation Point)를 나타낸 도면

도 5 및 도 6은 도 4에 나타낸 조합 분포도에서의 비트 분포를 설명하기 위한 도면

도7 은 본 발명에 따른 거리확률벡터 결정과정을 기능블럭으로 나타낸 도면

도8은 본 발명에 따른 제1형 64-QAM의 연성결정 위한 하드웨어 구성을 나타낸 도면

도 9는 하기 제1형의 1024-QAM의 각 거리확률벡터에 대한 출력도면

도 10은 하기 제2형의 1024-QAM의 각 거리확률벡터에 대한 출력도면

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<9> 본 발명은 직교진폭변조(이하 QAM이라 지칭함)된 신호의 연성결정 복조에 관한 것으로, 특히 수신신호를 복조함에 있어 일정의 함수와 패턴을 활용하여 연성결정의 처리속도를 향상시킨 연성결정 복조 방법에 관한 것이다.

<10> QAM 방식은 주어진 하나의 파형 심벌에 2개 이상의 비트(bit)를 실어 보낼 수 있게 한 것으로, 이러한 파형을 수학적으로 표현하자면 서로 간섭하지 않는 두수 실수와 허수로 표현할 수 있다. 즉 복소수 $\alpha+\beta i$는 α의 값의 변화가 β의 값에는 영향을 미치지 않는다. 이러한 이유로 직교신호성분은 α에 동위상신호성분은 β에 대응시켜 볼 수 있다. 일반적으로 직교위상성분을 Q-채널이라 지칭하고, 동위상성분신호를 I-채널이라 지칭한다.

<11> 이러한 두 파의 진폭을 서로 연결시켜 다수개의 조합을 만들어내며 이러한 조합을 균등한 조건확률을 갖도록 복소평면위에 위치시키고 이러한 위치를 약속해 놓은 것을 QAM의 조합분포도(constellation diagram)라 일컫는다. 도 1은 이러한 조합분포도의 일예를 보인 것이며 그 크기는 16개의 조합을 나타내고 있음을 볼 수 있다. 또한 도 1에서 볼 수 있는 각각의 점들을 지칭하여 분포점(constellation point)라 한다. 또한 그 각각의 분포점 밑에 적힌 2진수의 조합이 각 점에 설정된 심벌, 즉 비트의 묶음이라 한다.

<12> 일반적으로 QAM 복조기는 I 채널과 Q 채널로 들어오는 신호, 즉 $\alpha+\beta i$로 주어지는 수신된 신호를 앞서 언급한 미리 약조된 위치 즉, 조합 분포도에 따라 원래의 비트묶음으로 변환해주는 역할을 한다. 하지만 이때 수신된 신호가 잡음 간섭의 영향으로 인해 대부분의 경우 미리

지정된 자리, 즉 조합 분포도에 위치하지 않게 되고, 이러한 이유로 복조기는 이러한 잡음으로 인해 변화된 신호를 원래의 신호로 복원해야 한다. 그러나 이러한 잡음제거의 역할을 복조기가 담당하기에는 통신의 신뢰성 확보에 종종 무리가 있음으로 이러한 역할을 다음 단계인 채널 복호기(channel decoder)로 넘겨줌으로써 보다 효과적이고 신뢰성 높은 통신 시스템을 구현할 수 있게 된다. 하지만 이러한 과정을 수행하기 위해서는 경성결정(hard decision)에서처럼 2진 비트 검출기에 의해 수행되는 비트 양자화는 연속하는 값을 갖는 복조 신호를 2 레벨의 이산 신호로 대응시킴으로써 정보의 손실이 있으므로, 2진 비트 검출기를 사용하지 않고, 수신된 신호와 약속된 분포점 사이의 거리에 대한 유사도 척도를 해밍(Hamming) 거리에서 유클리언(Euclidean) 거리로 바꾼 것으로, 추가적인 이득(Gain)을 얻을 수 있다.

<13> 도 8에서 보는 바와 같이 채널부호기(Channel encoder)에 의해 부호화된 신호를 변조한 후 송신하고, 이를 수신기의 채널복호기에서 연성결정부호과정을 통해 복호되기 위해서는 복조기가 동위상신호성분과 직교위상신호성분으로 구성되는 수신신호로부터 채널부호기의 출력비트 각각에 상응하는 연성결정값들을 생성해내는 방식을 가지고 있어야 한다. 이러한 방식에는 크게 두 가지가 존재하는데 노키아 (Nokia)사가 제안한 심플매트릭법(simple metric procedure)과 모토롤라(Motorola)사가 제안한 이중최소매트릭법(dual minimum metric procedure)이 바로 그것인데 두 방식 모두 각 출력 비트에 대한 LLR(log likelihood ratio)을 계산하여 이를 채널 복호기의 입력 연성결정값으로 사용한다.

<14> 심플매트릭법은 복잡한 LLR 계산식을 간단한 형태의 근사식으로 변형한 사상 알고리듬으로 LLR 계산은 간단하지만 근사식을 이용함으로써 초래되는 LLR 왜곡에 의한 성능열화가 단점으로 지적된다. 반면, 이중최소매트릭법은 보다 정확한 근사식을 사용하여 계산된 LLR을 채널 복호기의 입력으로 사용하는 사상 알고리듬으로 심플매트릭법을 사용할 경우 발생되는 성능열

화를 상당히 개선하는 장점을 가지고 있지만, 심플매트릭법에 비해 더 많은 계산량을 필요로 하며 하드웨어 구현시에도 그 복잡도에 있어서 상당한 증가가 예상되는 문제점을 안고 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<15> 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 종래 기술의 문제점들을 해결하기 위하여 안출한 것으로서, 동위상 신호 성분과 직교위상 신호 성분으로 구성되는 직교진폭변조(QAM) 수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법에 있어서, 수신된 신호의 직교위상성분값과 동위상성분값으로부터 조건 판단 연산이 포함된 함수를 이용하여 경성결정(hard decision)의 비트 위치에 대응하는 각각의 연성결정값인 거리확률벡터값을 구하며 이로 인해 처리속도의 향상과 실제 하드웨어의 생산비 절감을 기대할 수 있다. 이러한 과정을 수행하기 위하여 우선 기존에 알려져 있는 QAM 의 조합분포도의 형태와 그에 따른 특징적인 복조방법에 대해 언급하자면 다음과 같다. QAM의 조합분포도는 그 분포점들에 설정되어진 비트묶음의 배치에 따라 크게 3가지로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째는 도 1부터 3까지 나와 있는 것과 같이 분포되어 있는 형태이고 두 번째는 도 4부터 6까지 나와 있는 분포형태 이며 나머지 세 번째는 이 특허의 범위에 포함되지 않는다.

<16> 도 1 에 나타나 있는 형태의 특징은 도 9에서 볼 수 있듯이 다음과 같이 요약할 수 있다. QAM의 크기가 2^{2n}인 경우 각 점에 설정되는 비트의 개수는 2n개가 되고 그 중에서 전반, 즉 1번 비트부터 n번 비트에 해당하는 거리확률벡터값들은 수신신호 α나 β중 어느 하나에 의해 복조가 되고 후반 n+1번째 비트부터 마지막 2n번째 비트에 해당하는 거리확률벡터값들은 나머지 하나의 수신신호에 의해 복조가 되며, 또한 이 두 가지의 복조에 적용되는 방정식은 전반과 후반의 방법이 같다. 다시 말해 전반의 복조 방법에다 후반에 해당하는 수신신호의 값을 대입하면 후반의 결과를 얻을 수 있다. (이러한 형태를 편의상 이후 '제1형' 이라 지칭 한다)

<17> 도 4에 나타나 있는 형태의 특징은 도 10에서 볼 수 있듯이 다음과 같이 요약할 수 있다. QAM의 크기가 2^{2n}인 경우 각 점에 설정되는 비트의 개수는 2n개가 되고 홀수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터의 복조 방법은 그 다음의 짝수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터의 계산방법과 일치한다. 단 여기서 홀수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터를 계산하기 위한 수신신호 값은 α나 β중 어느 하나를 주어진 조합분포도에 따라 사용하고 짝수 번째 비트를 위한 수신신호 값은 나머지 하나를 사용하게 된다. 다시 말해 첫 번째와 두 번째 거리확률벡터 계산의 경우 복조방법은 같고 단지 사용되는 수신신호의 값만이 다를 뿐이다 (이러한 형태를 편의상 이후 '제2형' 이라 지칭 한다)

<18> 본 발명의 다른 목적, 특성 및 이점들은 첨부한 도면을 참조한 실시 예들의 상세한 설명을 통해 명백해 질 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

<19> 본 발명은 산업체에서 주로 사용하고 있는 정방형 QAM 신호의 연성결정 복조 방식인 로그 유사율(log Likelihood ratio) 방식 대신 거리확률벡터 방정식을 적용하여 처리 속도를 현저히 향상하게 된다. 새롭게 개발된 정방형 QAM 신호의 복조 방법은 제1형과 제2형의 경우로 나누어 설명하겠으며 이에 대한 예는 제1실시 예와 제2실시 예를 통해 보여줄 것이다. 또한 최종적인 거리확률벡터값의 출력 범위는 임의의 실수 a 와 -a 사이에서 출력이 되어진다.

<20> 먼저 설명에 들어가기에 앞서 몇 가지 기본 전제에 대한 설명을 하자면 QAM의 크기는 수학식 1로 특징 지어 질 수 있으며 그에 따라 분포도의 각 점에 설정되는 비트의 수는 수학식 2로 특징 지어 질 수 있다.

<21> [수학식1]

<22> 2^{2n}-QAM, n=2,3,4 ……

<23> [수학식2]

<24> 각 점에 설정된 비트의 개수 = 2n

<25> 이에 따라 최종 출력값인 거리확률벡터값의 개수도 2n개가 되어진다.

<26> 우선 제1형에 해당하는 정방형 QAM의 수신신호를 연성결정하는 방법에 대하여 설명하겠다. 제1형의 경우 상기 제1형의 특징을 설명함에 있어 언급한 바와 같이 전반의 비트 조합에 해당하는 거리확률벡터를 계산하기 위해 수신신호 중 직교위상성분(실수부 또는 α)나 동위상신호성분(허수부 또는 β)의 값 어느 하나를 사용한다고 하였는데 아래의 설명에서는 이해의 편의를 위해 전반은 β값을 후반은 α값을 사용하여 복조하고 그에 따른 출력의 범위는 편의상 1과 -1사이의 값으로 정하겠다. 또한 각 비트의 순서를 나타내는 변수로 k를 사용하겠다.

<27> 제1형에서 첫 번째 비트 즉 k가 1인 경우에 대응하는 거리확률벡터를 계산하는 방법은 수학식 3으로 나타내어 질 수 있으며 이를 시각화 한 것이 도 4이다.

<28> [수학식3]

<29> ① 첫 번째 거리확률벡터의 경우(k=1) 조건 없이 출력값은 $\frac{1}{2^n}\beta$ 로 결정된다. 단 여기서 n의 값은 QAM의 크기에 의해 상기 수학식1에 의해 결정된다.

<30> 제1형에서 두 번째 비트(k=2)에 대응하는 거리확률벡터를 계산하는 방법은 수학식 4로 나타내어 질 수 있으며 이를 시각화 한 것이 도 5이다.

<31> [수학식4]

<32> ① 두 번째 거리확률벡터의 경우(k=2) 조건없이 출력값은 $c-\frac{c}{2^{n-1}}|\beta|$ 로 결정된다.

<33> 여기서, n은 수학식1에서 QAM의 크기 변수이고 c 는 상수이다.

<34> 제1형에서 세 번째 비트부터 n번째 비트($k=3,4,\cdots,n-1,n$)에 대응하는 거리확률벡터를 계산하는 방법은 수학식 5로 나타내어 질 수 있다. 여기서 도 9에서 확인할 수 있듯이 세 번째 비트 이상에 대응하는 거리확률벡터는 일정한 반복(∨의 모양) 형태를 보이므로 이러한 성질을 이용하여 하나의 식을 반복적으로 사용할 수 있음을 인지해야 할 것이다.

<35> [수학식5]

<36> ① 우선 기본이 되는 ∨ 모양의 형태로 출력도를 구분하면 각 비트에 대응하는 거리확률벡터는 $2^{k-3}+1$개의 영역으로 구분된다.

<37> ② 기본 형태에 따르는 기본식은 $\frac{d}{2^{n-k+1}}|\beta|-d$ 로 결정된다.

<38> ③ 주어진 β으로 소속된 영역을 찾고 각 영역의 중심값 m (예를 들어 k=4일 경우 반복되는 영역은 1개 이므로 이 영역은 $2^{n-2} \le |\beta| < 3\cdot 2^{n-2}$ 이 되고 중심값은 $m=2^{n-1}$ 된다.)을 뺀 $|\beta|-m$값을 새로운 β으로 하여 기본식에 대입하면 출력값을 결정할 수 있다.

<39> ④ 마지막으로 구분된 영역들 중 가장 좌우 바깥쪽에 있는 영역, 다시말해 $(2^{k-2}-1)2^{n-k+2} < |\beta|$ 인 영역에서는 중심값을 $m=2^n$으로 하여 $|\beta|-m$ 값을 새로운 β으로 하여 기본식에 대입하면 출력값을 결정할 수 있다.

<40> 여기서 d는 k값에 따라 변하는 상수이다.

<41> 제1형의 후반 비트들 즉 비트 번호 n+1부터 2n까지에 대응하는 거리확률벡터의 계산 방법은 상기 제1형의 특징에 따라 전반의 거리확률벡터를 구하는 방법에서 β를 α로 치환하면 얻을 수 있다. 다시 말해 수학식 3에 있는 모든 β를 α로 치환한 조건이 후반의 첫 번째 거리확률벡터 즉 n+1번째 비트에 대응하는 거리확률벡터 계산식이 된다. 후반의 두 번째 거리확률벡터인 n+2번째 비트에 대응하는 거리확률벡터 또한 전반의 두 번째 거리확률벡터를 계산하는

조건인 수학식 4에서 β를 α로 치환하면 판별할 수 있고 그 이후의 경우인 비트번호 n+3부터 2n까지에 대응하는 거리확률벡터는 수학식 5를 앞서와 같이 변형하면 판별할 수 있다.

<42> 다음으로 제2형에 해당하는 정방형 QAM의 수신신호를 연성결정하는 방법에 대하여 설명하겠다. 이해의 편의를 돕기 위해 홀수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터를 판별하기 위해 α값을 사용하고 짝수 번째 비트를 판별하기 위해 β값을 사용하여 복조하고 그에 따른 출력의 범위는 제1형에서와 같이 편의상 1과 -1사이의 값으로 정하겠다. 또한 각 비트의 순서를 나타내는 변수로 k를 사용하겠다.

<43> 제2형에서 첫 번째 비트(k=1)에 대응하는 거리확률벡터를 계산하는 방법은 수학식 6로 나타내어 질 수 있으며 이를 시각화 한 것이 도 9이다.

<44> [수학식6]

<45> ⓐ 첫 번째 비트의 경우(k=1) 조건 없이 출력값은 $-\frac{1}{2^n}\alpha$ 로 결정된다.

<46> 단 여기서 n의 값은 QAM의 크기에 의해 상기 수학식1에 의해 결정된다.

<47> 제2형에서 두 번째 비트(k=2)에 대응하는 거리확률벡터를 계산하는 방법은 상기 제2형의 특징에 따라 첫 번째 거리확률벡터를 계산하는 식인 수학식 6의 α를 β로 치환하면 얻을 수 있다.

<48> 제2형에서 세 번째 비트(k=3)에 대응하는 거리확률벡터를 계산하는 방법은 수학식 7로 나타내어 질 수 있다.

<49> [수학식7]

<50> 만일 $\alpha \cdot \beta \geq 0$ 이면

<51> ⓐ 세 번째 비트의 경우(k=3) 조건없이 출력값은 $\frac{c}{2^{n-1}}|\alpha|-c$ 로 결정된다.

<52> 만일 α·β < 0 이면 계산식은 α·β ≥ 0 인 경우의 계산식에 있는 모든 α를 β로 치환한 식으로 정해 진다.

<53> 여기서, n은 수학식1에서 QAM의 크기 변수이고 c 는 상수이다.

<54> 이렇게 α·β ≥ 0 인 경우와 α·β < 0 인 경우로 나누어서 거리확률벡터를 구하는 방법은 제2형 QAM의 또 하나의 특징이라 할 수 있다. 이러한 특징은 제2형의 세 번째 이상 비트에 대응하는 거리확률벡터를 구할 때 적용이 되며 상기 β를 α로 치환하는 것과 같은 상호 치환적인 특성 또한 이 특징에 포함된다 하겠다.

<55> 제2형의 네 번째 비트(k=4)에 대응하는 거리확률벡터를 구하는 식은 상기 제2형의 특징에 의해 세 번째 거리확률벡터를 구하는 식인 수학식 7의 α를 β로, β를 α로 서로 치환 하면 얻어진다.

<56> 제2형의 다섯 번째 비트(k=5)에 대응하는 거리확률벡터를 구하는 식은 수학식 8을 적용하면 된다. 여기서 도 10에서 확인할 수 있듯이 다섯 번째 비트(k=5)이상에 대응하는 거리확률벡터는 일정한 반복(∨의 모양) 형태를 보이므로 이러한 성질을 이용하여 하나의 식을 반복적으로 사용할 수 있음을 인지해야 할 것이다. 단 여기서 다섯 번째 비트 이상에 대응하는 거리확률벡터를 계산할 때 제2형의 특성에 따라 짝수 번째의 결정값은 그 바로 이전 홀수 번째의 결정값을 계산하는데 사용했던 식을 이용하는데, 이는 QAM의 크기가 64 이하일 경우만 적용이 되고 크기가 256 이상일 경우는 제1형과 같이 남아 있는 부분을 둘로 나누어 전반과 후반으로 계산을 수행하면 된다.

<57> [수학식8]

<58> 만일 $\alpha \cdot \beta \geq 0$ 이면

<59> ⓐ 우선 기본이 되는 ∨ 모양의 형태로 출력도를 구분하면 각 비트에 대응하는 거리확률벡터는 $2^{k-5}+1$개의 영역으로 구분된다.

<60> ⓑ 기본 형태에 따르는 기본식은 $\frac{d}{2^{n-k+3}}|\alpha|-d$ 로 결정된다.

<61> ⓒ 주어진 α로 소속된 영역을 찾고 각 영역의 중심값 m (예를 들어 k=6 일 경우 반복되는 영역은 1개 이므로 이 영역은 $2^{n-2} \leq |\alpha| < 3 \cdot 2^{n-2}$ 이 되고 중심값은 $m=2^{n-1}$이 된다.)을 뺀 $|\alpha|-m$값을 새로운 α로 하여 기본식에 대입하면 출력값을 결정할 수 있다.

<62> ⓓ 마지막으로 구분된 영역들 중 가장 좌우 바깥쪽에 있는 영역, 다시말해 $(2^{k-2}-1)2^{n-k+2} < |\alpha|$ 인 영역에서는 중심값을 $m=2^n$으로 하여 $|\alpha|-m$값을 새로운 α로 하여 기본식에 대입하면 출력값을 결정할 수 있다.

<63> $\alpha \cdot \beta < 0$ 인 경우는 상기 제2형의 특징에 따라 ⓐ, ⓑ, ⓒ와 ⓓ식의 α를 β로 치환하면 얻어진다.

<64> 제2형의 여섯 번째 비트에 대응하는 거리확률벡터의 계산은 QAM의 크기가 64-QAM인 경우 상기 제2형의 특징에 의해 다섯 번째 거리확률벡터를 구하는 식인 수학식 8의 α를 β로 β를 α로 서로 치환 하면 얻어진다. 그러나 QAM의 크기가 256-QAM 이상인 경우는 상기 언급한 것처럼 남아 있는 벡터의 총개수를 반으로 나누어 전반을 구하고 후반은 전반의 식에 수신값(α또는 β)을 치환하여 구하면 된다. 이때 전반의 식에서 변화되는 값은 수신값 뿐이며 비트번호(k)값은 변하지 않고 전반의 것을 사용한다.

<65> 결과적으로 QAM의 크기가 256보다 클 경우 제2형의 다섯 번째부터 n+2번째 비트에 대응하는 거리확률벡터의 계산은 상기 수학식 8에 의해 결정된다.

<66> 제2형의 n+3번째부터 마지막 2n번째 비트에 대응하는 조건 확률벡터의 계산은 이미 언급한대로 수학식 8의 변수 α를 β로 치환하여 결정한다.

<67> 이러한 상기 과정을 통하여 수신된 신호 즉 α+βi라는 값을 이용하여 정방형 QAM의 연성결정 복조를 가능하게 한다. 단 상기 설명된 방법은 수신된 신호를 선택하여 판별식에 대입하는 방법에 있어서 이해를 돕기 위해 임의로 순서를 정한 것이나 실제의 적용에 있어서는 더욱 범용적으로 적용이 되어 수식에서 표현된 α나 β라는 문자가 QAM의 조합 분포형태에 따라 얼마든지 서로 뒤바뀜이 가능하며 출력값 의 범위 또한 a 와 -a 사이만이 아닌 a 와 b 사이값 같은 비대칭형도 될 수가 있음을 인지해야 한다. 이러한 점은 이 발명의 범용성을 넓혀주어 그 의의를 증대시켜 준다 하겠다. 또한 위에 서술되어 있는 계산식들은 자칫 매우 복잡해 보일 수 있으나 이는 범용적인 적용을 위하여 일반화 시킨 계산식이므로 실제 적용을 시킨 실시예를 통해서 보면 그 식이 매우 간단한 식임을 알 수 있다.

<68> -제 1 실시예-

<69> 본 발명 제 1 실시예는 상기 제1형에 해당하는 경우로 상기 제1형의 특징이 적용되며 본 제 1 실시예에서는 QAM의 크기가 1024인 1024-QAM을 예를 들겠다. 수신 신호의 순서선택은 전반에 β를 적용하고 후반에 α에 적용 하기로 한다.

<70> 기본적으로 본 발명에 따른 두 가지 실시예에서의 QAM은 다음 식으로 결정된다. 수학식 1은 QAM의 크기를 결정짓고 수학식 2는 QAM의 크기에 따라 조합 분포도의 각 점에 설정되는 비트의 개수를 나타낸다.

<71> [수학식1]

<72> 2^{2n}-QAM, n=2,3,4 ……

<73> [수학식2]

<74> 각 점에 설정된 비트의 개수 = 2n

<75> 기본적으로 본 발명 제 1 실시예에서의 QAM 크기는 다음 식과 같이 결정되며 이에 따라 최종 출력값인 거리확률벡터값의 개수도 2n개가 되어진다.

<76> 이와 같은 수학식 1부터 2를 이용하여 n이 5일 때, 즉 수학식 1에 따라 2^{2*5}-QAM = 1024-QAM이며 각 분포점에 설정된 비트 수는 수학식 2에 따라 2x5=10비트인 경우를 설명하기로 한다. 먼저 계산식 적용에 들어가기에 앞서 제1형의 특징에 의해 전체 10개의 비트 중 전반 5개의 비트를 위한 계산식을 알면 나머지 후반 5개 비트의 계산식도 바로 알 수 있음을 재차 상기해야 하겠다.

<77> 우선 첫 번째 거리확률벡터 계산식은,

<78> k=1인 경우로 조건 없이 출력값은 $\frac{1}{2^5}\beta$로 결정된다.

<79> 그 다음 두 번째(즉 k=2) 거리확률벡터는,

<80> 조건없이 출력값은 $c-\frac{c}{2^4}|\beta|$로 결정된다.

<81> 단 여기서 c는 상수이다.

<82> 그 다음 세 번째(k=3)의 거리확률벡터 계산식은 다음과 같이 주어지는데

<83> 기본 형태에 따르는 기본식은 $\frac{d}{2^3}|\beta|-d$로 결정된다.

<84> 이때 2개의 영역으로 구분이 되며

<85> 만일 $|\beta| < 2^4$이면 출력값은 $\frac{d}{2^3}|\beta|-d$로 결정되고

<86> 그 이외의 경우 출력값은 $\frac{d}{2^3}||\beta|-32|-d$로 결정된다.

<87> 이어서 네 번째(즉, k=4) 조건확률백터의 계산식은 다음과 같이 주어지는데

<88> 기본 형태에 따르는 기본식은 $\frac{d}{2^2}|\beta|-d$로 결정되는데 이때 3개의 영역으로 구분되어 지며

<89> 만일 $|\beta|<2^3$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2^2}|\beta|-d$로 결정되고

<90> $2^3\leq|\beta|<3\cdot 2^3$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2^2}||\beta|-16|-d$로 결정되고

<91> 그 이외의 경우는 $\frac{d}{2^2}||\beta|-32|-d$로 결정된다.

<92> 이어서 다섯 번째(즉, k=5) 거리확률백터 계산식은 다음과 같이 주어지는데

<93> 기본 형태에 따르는 기본식은 $\frac{d}{2}|\beta|-d$로 결정되는데 이때 5개의 영역으로 구분되어 지며

<94> 만일 $|\beta|<2^2$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2}|\beta|-d$로 결정되고

<95> $2^2\leq|\beta|<3\cdot 2^2$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2}||\beta|-8|-d$로 결정되고

<96> $3\cdot 2^2\leq|\beta|<5\cdot 2^2$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2}||\beta|-16|-d$로 결정되며

<97> $5\cdot 2^2\leq|\beta|<7\cdot 2^2$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2}||\beta|-24|-d$로 결정되고

<98> 그 이외의 경우는 $\frac{d}{2}||\beta|-32|-d$로 결정된다.

<99> 이어서, 6 부터 10번째 거리확률벡터의 계산식은 제1형의 특성에 따라 첫번째 부터 5번째 거리확률벡터 계산식에서 β를 α로 치환하는 식을 사용하면 된다.

<100> -제 2 실시예-

<101> 본 발명 제 2 실시예는 상기 제2형에 해당하는 경우로 상기 제2형의 특징이 적용되며 본 제 2 실시예에서는 QAM의 크기가 1024인 1024-QAM을 예를 들겠다. 수신 신호의 순서선택은 α를 우선적으로 선택하여 적용하기로 한다.

<102> 제 1 실시예에서 처럼 수학식 1은 QAM의 크기를 결정짓고 수학식 2는 QAM의 크기에 따라 조합 분포도의 각 점에 설정되는 비트의 개수를 나타낸다.

<103> [수학식1]

<104> 2^{2n}-QAM, n=2,3,4 ······

<105> [수학식2]

<106> 각 점에 설정된 비트의 개수 = 2n

<107> 기본적으로 본 발명 제 2 실시예에서의 QAM 사이즈는 상기 식과 같이 결정되며 이에 따라 최종 출력값인 거리확률벡터값의 개수도 2n개가 되어진다.

<108> 이와 같은 수학식 1부터 2를 이용하여 n이 5일 때, 즉 수학식 1에 따라 2^{2*5}-QAM = 1024-QAM이며 각 분포점에 설정된 비트 수는 수학식 2에 따라 2x5=10비트인 경우를 설명하기로 한다.

<109> 우선 첫 번째 거리확률벡터의 계산은

<110> k=1인 경우로 조건 없이 출력값은 $\frac{1}{2^5}\alpha$로 결정된다.

<111> 그 다음 두 번째(k=2) 거리확률벡터 계산식은 상기 첫 번째 계산식의 치환된 형태인 경우로 조건 없이 출력값은 $\frac{1}{2^5}\beta$ 로 결정된다.

<112> 그 다음 세 번째(k=3) 거리확률벡터 계산식은

<113> (1) $\alpha\beta \geq 0$ 일 때, 다음과 같이 주어지는데

<114> 조건없이 출력값은 $c-\frac{c}{2^4}|\alpha|$ 로 결정된다.

<115> 단 여기서 c는 상수이다.

<116> (2) $\alpha\beta < 0$ 일 때,

<117> 이 경우에는 바로 위에서 설명하였던 세 번째 거리확률벡터의 출력을 결정하는 방법($\alpha\beta \geq 0$)에서의 식에서 α를 β로 치환하여 구한다.

<118> 그 다음 네 번째(즉, k=4) 거리확률벡터 계산은

<119> (1) $\alpha\beta \geq 0$ 일 때, 다음과 같이 주어지는데

<120> 조건없이 출력값은 $c-\frac{c}{2^4}|\beta|$ 로 결정된다.

<121> (2) $\alpha\beta < 0$ 일 때,

<122> 이 경우에는 바로 위에서 설명하였던 네 번째 거리확률벡터의 출력을 결정하는 방법($\alpha\beta \geq 0$)에서의 식에서 α를 β로 치환하여 구한다.

<123> 이어서 다섯 번째(즉, k=5)거리확률벡터를 구하는 식은

<124> (1) $\alpha\beta \geq 0$ 일 때, 다음과 같이 주어지는데

<125> 기본 형태에 따르는 기본식은 $\frac{d}{2^3}|\alpha|-d$ 로 결정된다.

<126> 이때 2개의 영역으로 구분이 되며

<127> 만일 $|\alpha|<2^4$이면 출력값은 $\frac{d}{2^3}|\alpha|-d$ 로 결정되고

<128> 그 이외의 경우 출력값은 $\frac{d}{2^3}||\alpha|-32|-d$ 로 결정된다.

<129> (2) $\alpha\beta < 0$ 일 때,

<130> 이 경우에는 바로 위에서 설명하였던 다섯 번째 거리확률벡터의 출력을 결정하는 방법($\alpha\beta \geq 0$)에서의 식에서 α를 β로 치환하여 구한다.

<131> 이어서 여섯 번째 거리확률벡터(즉, k=6)는,

<132> (1) $\alpha\beta \geq 0$ 일때

<133> 기본 형태에 따르는 기본식은 $\frac{d}{2^2}|\alpha|-d$ 로 결정되는데 이때 3개의 영역으로 구분되어지며

<134> 만일 $|\alpha| < 2^3$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2^2}|\alpha|-d$ 로 결정되고

<135> $2^3 \leq |\alpha| < 3\cdot 2^3$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2^2}||\alpha|-16|-d$ 로 결정되고

<136> 그 이외의 경우는 $\frac{d}{2^2}||\alpha|-32|-d$ 로 결정된다.

<137> (2) $\alpha\beta < 0$ 일 때,

<138> 이 경우에는 바로 위에서 설명하였던 여섯 번째 거리확률벡터의 출력을 결정하는 방법($\alpha\beta \geq 0$)에서의 식에서 α를 β로 치환하여 구한다.

<139> 이어서, 7번째(k=7) 거리확률벡터의 계산식은

<140> (1) $\alpha\beta \geq 0$ 일때

<141> 기본 형태에 따르는 기본식은 $\frac{d}{2}|\alpha|-d$ 로 결정되는데 이때 5개의 영역으로 구분되어지며 .

<142> 만일 $|\alpha|<2^2$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2}|\alpha|-d$ 로 결정되고

<143> $2^2\leq|\alpha|<3\cdot2^2$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2}||\alpha|-8|-d$ 로 결정되고

<144> $3\cdot2^2\leq|\alpha|<5\cdot2^2$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2}||\alpha|-16|-d$ 로 결정되며

<145> $5\cdot2^2\leq|\alpha|7\cdot2^2$ 이면 출력값은 $\frac{d}{2}||\alpha|-24|-d$ 로 결정되고

<146> 그 이외의 경우는 $\frac{d}{2}||\alpha|-32|-d$ 로 결정된다.

<147> (2) $\alpha\beta<0$ 일 때,

<148> 이 경우에는 바로 위에서 설명하였던 일곱 번째 거리확률벡터의 출력을 결정하는 방법($\alpha\beta\geq0$)에서의 식에서 α를 β로 치환하여 구한다.

<149> 여덟 번째부터 열 번째 거리 확률 벡터를 구하는 방법은 상기 다섯 번째부터 일곱 번째 거리확률벡터를 구하는 식에서 α를 β로, β를 α로 서로 상호 치환하면 얻어진다.

<150> 도 11은 본 발명에 따른 거리확률벡터 결정과정을 기능블럭으로 나타낸 도면이다.

<151> 도 12는 본 발명에 따른 제1형 64-QAM의 거리확률벡터 결정을 위한 하드웨어 구성을 예시로 나타낸 도면으로 당업자라면 본 발명의 범위안에서 자유롭게 변형하여 하드웨어 구성을 할 수 있을 것이다.

152> 본 발명은 바람직한 실시예와 연계하여 상술하였다. 하지만 이것은 단지 예시의 목적으로 행해진 것으로 본 발명을 제한하는 것은 아니며, 실제로 당업자들은 본 발명의 범위안에서 변형을 쉽게 이해 할 수 있을 것이다.

【발명의 효과】

153> 본 발명은 산업체에서 주로 사용하고 있는 정방형 QAM 신호의 연성결정 복조 방식인 로그 유사율(log Likelihood ratio) 방식 대신 선형화된 거리확률백터 방정식을 적용하여 처리속도의 현저한 향상과 함께 실제 하드웨어 구현시 제조비용의 절감을 기대할 수 있다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

정방형 직교진폭변조(QAM)에서 수신된 신호의 직교위상성분값과 동위상성분값으로부터 조건 판단 연산이 포함된 함수를 이용하여 경성결정(hard decision)의 비트 위치에 대응하는 각각의 연성결정값인 거리확률벡터값을 구하되, 전체비트 중반에 대한 거리확률벡터는 나머지 반의 비트에 대한 거리확률벡터를 결정하는 방법과 동일하고, 단지 직교위상성분값과 동위상성분값을 치환하여 거리확률벡터를 각각 결정하는 직교 진폭 변조의 연성결정 복조방법에 있어서,

1번 비트부터 n번 비트에 해당하는 거리확률벡터값들은 수신신호 α나 β중 어느 하나에 의해 복조가 되고 후반 n+1번째 비트부터 마지막 2n번째 비트에 해당하는 거리확률벡터값들은 나머지 하나의 수신신호에 의해 복조가 되며, 이 두 가지의 복조에 적용되는 방정식은 전반과 후반의 방법이 같은 것을 특징으로 하는 직교진폭 변조의 연성결정 복조방법

【청구항 2】

정방형 직교진폭변조(QAM)에서 수신된 신호의 직교위상성분값과 동위상성분값으로부터 조건 판단 연산이 포함된 함수를 이용하여 경성결정(hard decision)의 비트 위치에 대응하는 각각의 연성결정값인 거리확률벡터값을 구하되, 전체비트 중반에 대한 거리확률벡터는 나머지 반의 비트에 대한 거리확률벡터를 결정하는 방법과 동일하고, 단지 직교위상성분값과 동위상성분값을 치환하여 거리확률벡터를 각각 결정하는 직교 진폭 변조의 연성결정 복조방법에 있어서,

홀수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터의 복조 방법은 그 다음의 짝수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터의 계산방법과 일치하되, 홀수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터를 계산하기 위한 수신신호 값은 α나 β중 어느 하나를 주어진 조합분포도에 따라 사용하고 짝수 번째 비트를 위한 수신신호 값은 나머지 하나를 사용하는 것을 특징으로 하는 직교 진폭 변조의 연성결정 복조방법.

【청구항 3】

제1항에 있어서 첫 번째 거리확률벡터는 수신값 α나 β중 어느 하나를 조합분포도의 형태에 따라 선택하여 하기 [수학식9]에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

[수학식 9]

① 조건 없이 출력값은 $a\cdot\frac{1}{2^n}\Omega$ 로 결정.

[여기서 Ω는 선택된 수신값으로 α나 β중 어느 하나의 값, a는 원하는 출력범위에 따라 설정되는 임의의 실수이다]

【청구항 4】

제1항에 있어서 두 번째 거리확률벡터는 첫 번째 거리확률벡터 결정시 선택된 수신값과 하기 [수학식10]에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조 (QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

[수학식10]

① 조건없이 출력값은 $a\cdot(c-\frac{c}{2^{n-1}}|\Omega|)$ 로 결정된다.

[여기서, Ω는 선택된 수신값, n은 QAM의 크기, 즉 2^{2n}을 결정 짓는 변수이고, a는 원하는 출력범위에 따라 설정되는 임의의 실수이고, c는 임의의 상수]

【청구항 5】

제1항에 있어서, 세 번째부터 n번째까지 조건확률벡타는 첫 번째 거리확률벡터 결정시 선택된 수신값과 하기 [수학식11]에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신 신호를 복조하기 위한 연성결정방법

[수학식 11]

① 우선 기본이 되는 V 모양의 형태로 출력도를 구분하면 각 비트에 대응하는 거리확률 벡터는 $2^{k-3}+1$개의 영역으로 구분된다.

② 기본 형태에 따르는 기본식은 $a \cdot (\frac{d}{2^{n-k+1}}|\Omega| - d)$ 로 결정된다.

③ 주어진 Ω로 소속된 영역을 찾고 각 영역의 중심값 m을 뺀 |Ω|-m값을 새로운 Ω로 하여 기본식에 대입하여 출력값을 결정한다.

④ 구분된 영역들 중 가장 좌우 바깥쪽에 있는 영역, 다시말해 $(2^{k-2}-1)2^{n-k+2} < |\Omega|$ 인 영역에서는 중심값을 $m=2^n$으로 하여 |Ω|-m 값을 새로운 Ω로 하여 기본식에 대입하여 출력값을 결정한다.

[여기서, Ω는 선택된 수신값, n은 QAM의 크기, 즉 2^{2n}을 결정 짓는 변수이고, k는 거리확률벡터의 번호(k=3,4,...,n), d는 k값에 따라 변하는 상수, a는 출력범위를 결정짓는 상수]

【청구항 6】

제1항에 있어서, n+1번째부터 2n번째까지 거리확률벡터는 첫 번째 거리확률벡터 결정시 선택되지 않은 수신값과 상기 수학식 9부터 11까지를 각각 이용하여 순차적으로 구하는 것을

특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법 (단 수학식 11에 포함된 거리확률벡터의 번호 k 는 3부터 n까지 순차적으로 n+1부터 2n까지를 대신하여 사용)

【청구항 7】

제2항에 있어서 첫 번째 거리확률벡터는 수신값 α나 β중 어느 하나를 조합분포도의 형태에 따라 선택하여 하기 [수학식12]에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

[수학식 12]

ⓐ 조건 없이 출력값은 $-a \cdot \frac{1}{2^n}\Omega$ 로 결정.

[여기서 Ω는 선택된 수신값으로 α나 β중 어느 하나의 값, n은 QAM의 크기, 즉 2^{2n}을 결정 짓는 변수이고, a는 원하는 출력범위에 따라 설정되는 임의의 실수이다]

【청구항 8】

제2항에 있어서, 두 번째 거리확률벡터는 제2형의 첫 번째 거리확률벡터를 구하는 방법에서 선택된 수신값을 선택되지 않은 수신값으로 치환하여 계산하는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

【청구항 9】

제2항에 있어서, 세 번째 거리확률벡터는 수신값 α나 β중 어느 하나를 조합분포도의 형태에 따라 선택하고 αβ≥0인 경우, 하기 [수학식13]을 이용하고, αβ〈0인 경우에는 하기 [수학식13]에서의 선택된 수신값을 선택되지 않은 수신값으로 치환시켜 결정하는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

[수학식 13]

ⓐ 조건없이 출력값은 $a \cdot (c - \frac{c}{2^{n-1}} |\Omega|)$ 로 결정된다.

[여기서 Ω는 선택된 수신값, n은 QMA의 크기, 즉 2^{2n}을 결정 짓는 변수이고, 'a' 는 원하는 출력범위에 따라 설정되는 임의의 실수이며, c는 임의의 상수이다]

【청구항 10】

제2항에 있어서, 네 번째 거리확률벡터는 제2형의 세 번째 거리확률벡터를 구하는 방법에서 αβ≥0일 때와 αβ <0 일 때, 각각 사용한 수신값들을 사용하지 않은 수신값들로 치환하여 계산하는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

【청구항 11】

제2항에 있어서, 다섯 번째 거리확률벡터는 수신값 α나 β중 어느 하나를 조합분포도의 형태에 따라 선택하고 상기 αβ≥0인 경우 하기 [수학식14]을 이용하고, αβ<0인 경우, 하기 [수학식14]에서의 선택된 수신값을 선택되지 않은 수신값으로 치환시켜 결정하는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

[수학식14]

① 우선 기본이 되는 'V' 모양의 형태로 출력도를 구분하면 각 비트에 대응하는 거리확률벡터는 2개의 영역으로 구분된다.

② 기본 형태에 따르는 기본식은 $a \cdot (\frac{d}{2^{n-2}} |\Omega| - d)$ 로 결정된다.

③ 주어진 Ω로 소속된 영역을 찾고 각 영역의 중심값 m을 뺀 |Ω|-m값을 새로운 Ω로 하여 기본식에 대입하여 출력값을 결정한다.

④ 구분된 영역들 중 가장 좌우 바깥쪽에 있는 영역, 다시말해 $7 \cdot 2^{n-3} < |\Omega|$ 인 영역에서는 중심값을 $m=2^n$으로 하여 $|\Omega|-m$값을 새로운 Ω로 하여 기본식에 대입하여 출력값을 결정한다.

[여기서, Ω는 선택된 수신값, n은 QAM의 크기, 즉 2^{2n}을 결정 짓는 변수이고, d는 상수, a는 출력범위를 결정짓는 상수이다]

【청구항 12】

제2항에 있어서, QAM의 크기가 64-QAM일때 여섯 번째 거리확률벡터는, 제2형의 다섯 번째 거리확률벡터를 구하는 방법에서 $\alpha\beta \geq 0$일 때와 $\alpha\beta < 0$ 일때, 각각 사용한 수신값들을 사용하지 않은 수신값들로 치환하여 계산하는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

【청구항 13】

제2항에 있어서, QAM의 크기가 256-QAM 이상인 경우 다섯 번째부터 n+2번째까지의 거리확률벡터는 수신값 α나 β중 어느 하나를 조합분포도의 형태에 따라 선택하고 $\alpha\beta \geq 0$인 경우 하기 [수학식15]에 의해 결정되고 $\alpha\beta < 0$ 인 경우 하기 [수학식15]에 선택되지 않은 수신값을 선택된 수식값을 사용하여 결정하는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

[수학식 15]

ⓐ 우선 기본이 되는 'V' 모양의 형태로 출력도를 구분하면 각 비트에 대응하는 거리확률벡터는 $2^{k-5}+1$개의 영역으로 구분된다.

ⓑ 기본 형태에 따르는 기본식은 $a \cdot (\frac{d}{2^{n-k+3}}|\Omega| - d)$ 로 결정된다.

ⓒ 주어진 Ω로 소속된 영역을 찾고 각 영역의 중심값 m (예를 들어 k=6 일 경우 반복되는 영역은 1개 이므로 이 영역은 $2^{n-2} \le |\Omega| < 3 \cdot 2^{n-2}$ 이 되고 중심값은 $m=2^{n-1}$이 된다.)을 뺀 |Ω|-m값을 새로운 Ω로 하여 기본식에 대입하면 출력값을 결정한다.

ⓓ 구분된 영역들 중 가장 좌우 바깥쪽에 있는 영역, 다시말해 $(2^{k-2}-1)2^{n-k+2} < |\Omega|$ 인 영역에서는 중심값을 $m=2^n$으로 하여 |Ω|-m값을 새로운 Ω로 하여 기본식에 대입하면 출력값을 결정할 수 있다.

[여기서 k는 거리확률벡터 번호(5,6,⋯,n)이며 Ω는 선택된 수신값, n은 QAM의 크기, 즉 2^{2n}을 결정 짓는 변수이고, a는 원하는 출력범위에 따라 설정되는 임의의 실수이며 d는 k값에 따라 변하는 상수]

【청구항 14】

제2항에 있어서, QAM의 크기가 256-QAM 이상인 경우 n+3번째부터 2n번째까지의 거리확률벡터는 $\alpha\beta \ge 0$인 경우 제2형의 다섯 번째부터 n+2번째까지의 거리확률벡터 결정시 선택되지 않은 수신값을 사용하여, 상기 [수학식15]에 의해 결정되고 $\alpha\beta < 0$ 인 경우 상기 [수학식15]에 선택되지 않은 수신값을 선택된 수식값을 대신하여 대치하면 얻을 수 있는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정방법

【청구항 15】

정방형 직교진폭변조(QAM)에서 수신된 신호의 직교위상성분값과 동위상성분값으로부터 조건 판단 연산이 포함된 함수를 이용하여 경성결정(hard decision)의 비트 위치에 대응하는 각각의 연성결정값인 거리확률벡터값을 구하되, 전체비트 중반에 대한 거리확률벡터는 나머지 반의 비트에 대한 거리확률벡터를 결정하는 연산과 동일하고, 단지 직교위상성분값과 동위상성

분값을 치환하여 거리확률벡터를 각각 결정하는 거리확률벡터연산부가 포함된 직교 진폭 변조의 연성결정 복조장치에 있어서,

상기 거리확률벡터연산부는 1번 비트부터 n번 비트에 해당하는 거리확률벡터값들은 수신신호 α나 β중 어느 하나에 의해 복조가 되고 후반 n+1번째 비트부터 마지막 2n번째 비트에 해당하는 거리확률벡터값들은 나머지 하나의 수신신호에 의해 복조가 되며, 이 두 가지의 복조에 적용되는 전반과 후반의 방정식은 동일한 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정복조장치.

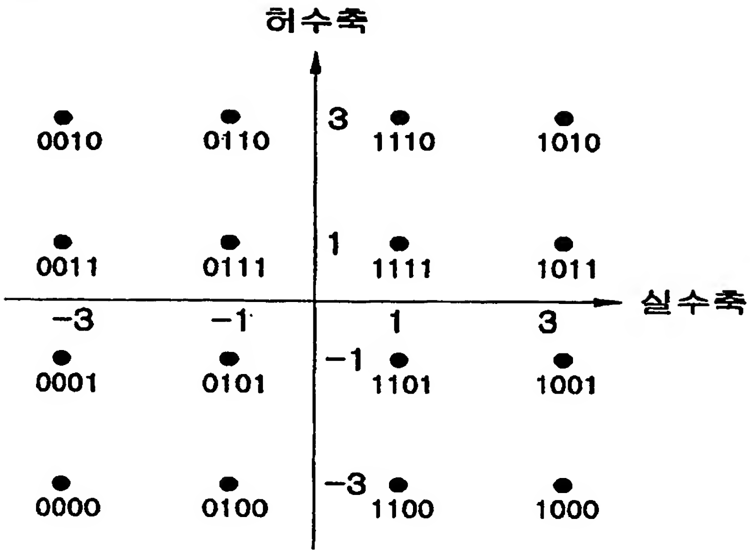
【청구항 16】

정방형 직교진폭변조(QAM)에서 수신된 신호의 직교위상성분값과 동위상성분값으로부터 조건 판단 연산이 포함된 함수를 이용하여 경성결정(hard decision)의 비트 위치에 대응하는 각각의 연성결정값인 거리확률벡터값을 구하되, 전체비트 중반에 대한 거리확률벡터는 나머지 반의 비트에 대한 거리확률벡터를 결정하는 연산과 동일하고, 단지 직교위상성분값과 동위상성분값을 치환하여 거리확률벡터를 각각 결정하는 거리확률벡터연산부가 포함된 직교 진폭 변조의 연성결정 복조장치에 있어서,

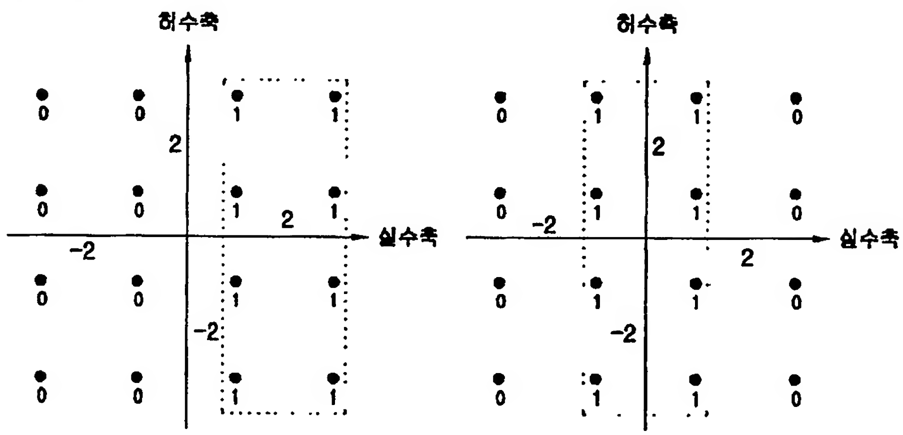
상기 거리확률벡터연산부는 홀수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터의 목조연산은 그 다음의 짝수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터의 연산과 일치하되, 홀수 번째 비트에 해당하는 거리확률벡터를 연산하기 위한 수신신호 값은 α나 β중 어느 하나를 주어진 조합분포도에 따라 사용하고 짝수 번째 비트를 위한 수신신호 값은 나머지 하나를 사용하는 것을 특징으로 하는 직교진폭변조(QAM)수신신호를 복조하기 위한 연성결정복조장치.

【도면】

【도 1】



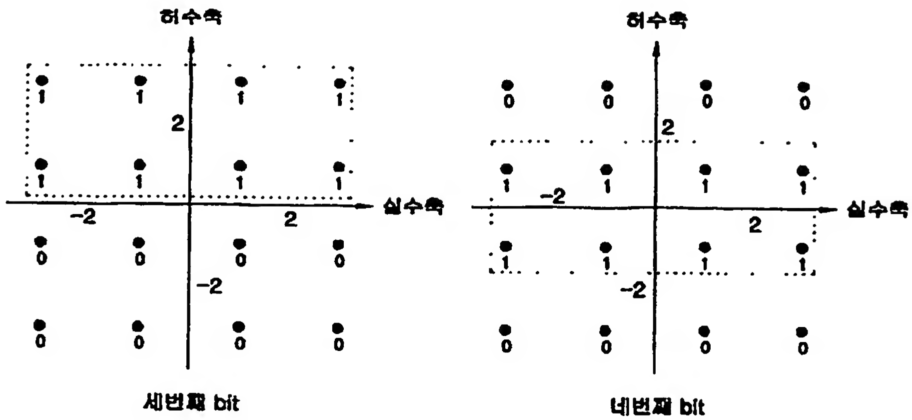
【도 2】



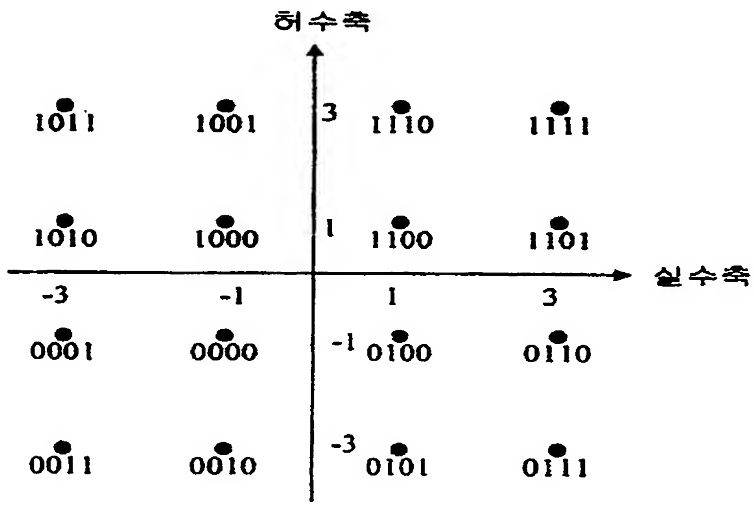
첫번째 bit

두번째 bit

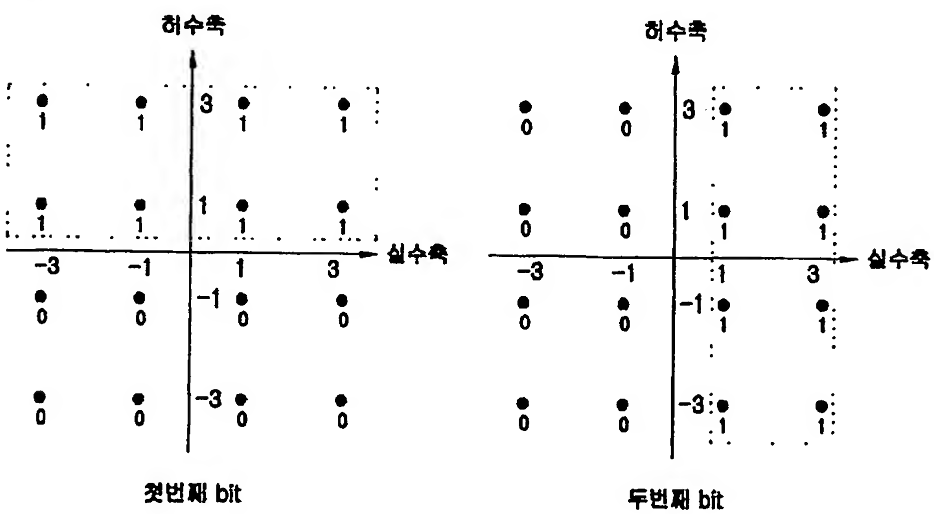
【도 3】


허수축
실수축
2
-2
세번째 bit
허수축
실수축
2
-2
네번째 bit

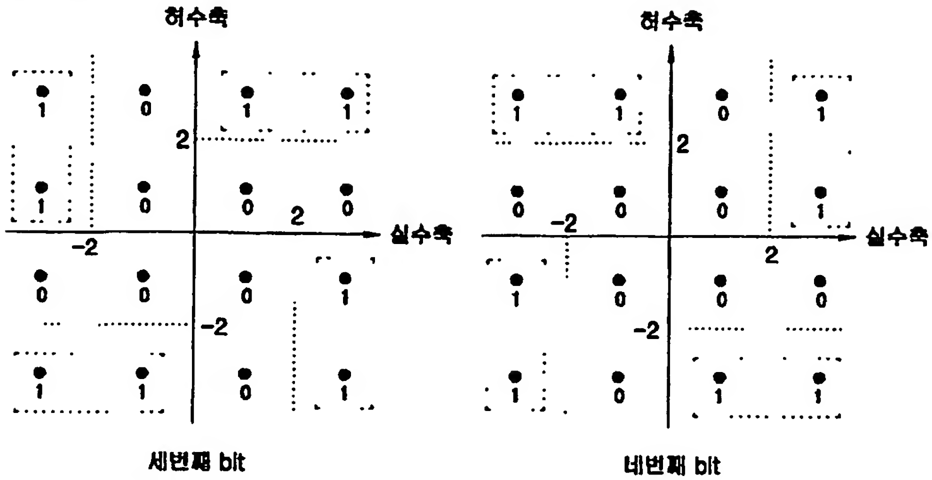
【도 4】


허수축
1011
1001
1110
1111
1010
1000
1100
1101
실수축
0001
0000
0100
0110
0011
0010
0101
0111

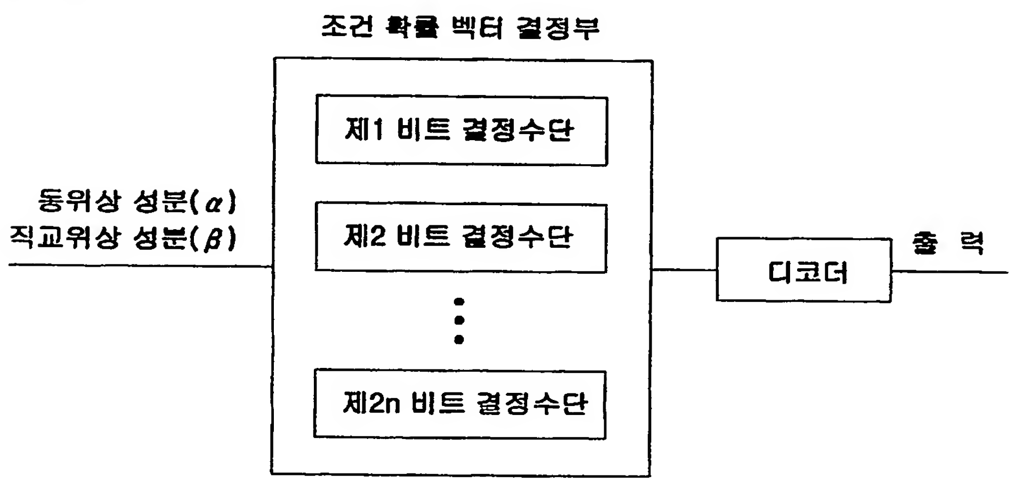
【도 5】


허수축
실수축
첫번째 bit
허수축
실수축
두번째 bit

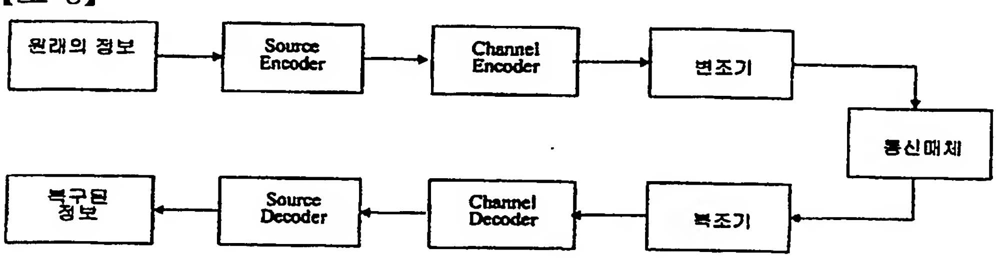
【도 6】


허수축
실수축
2
-2
세번째 bit
허수축
실수축
2
-2
네번째 bit

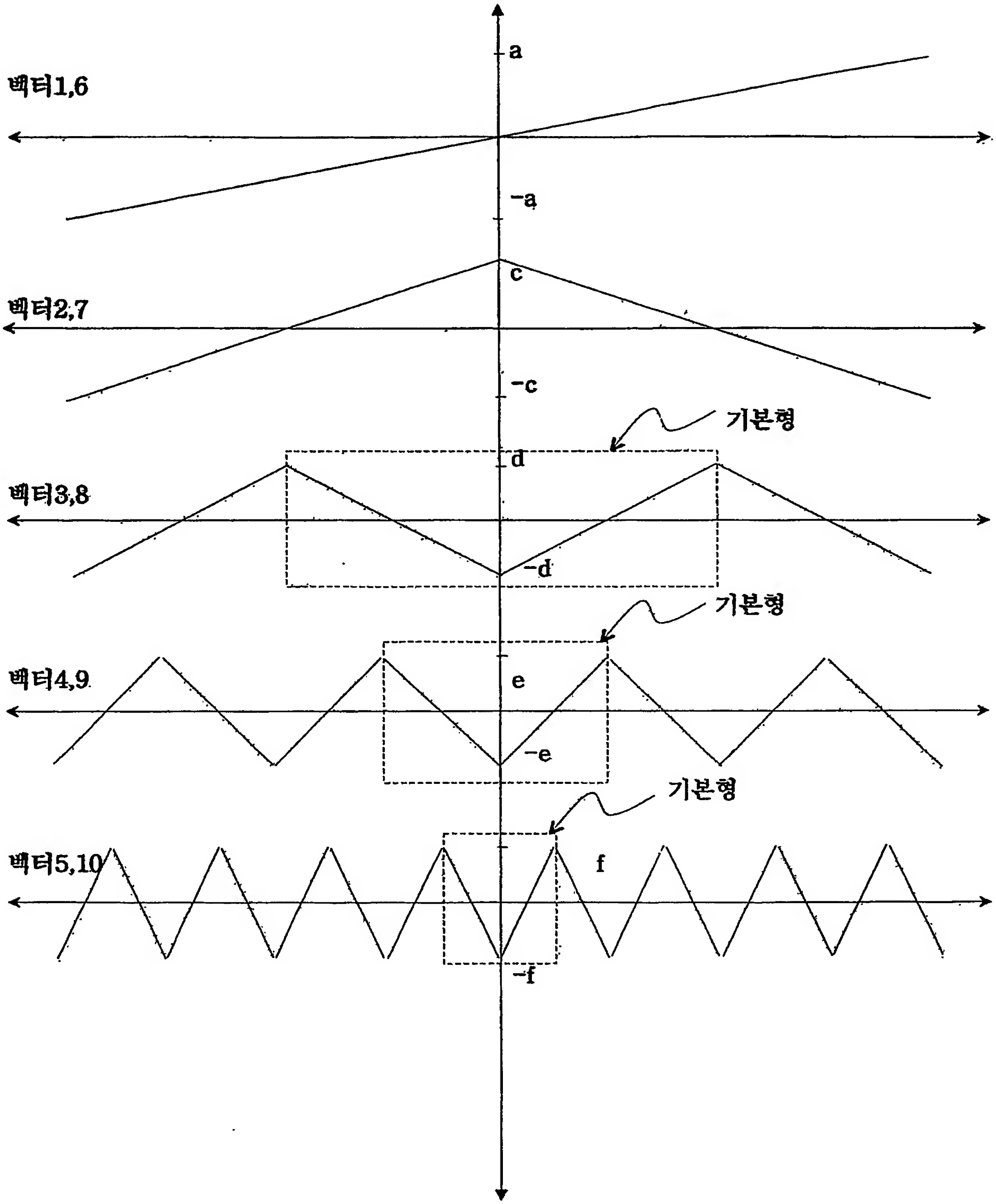
【도 7】


조건 확률 벡터 결정부
제1 비트 결정수단
제2 비트 결정수단
제2n 비트 결정수단
동위상 성분(α)
직교위상 성분(β)
디코더
출 력

【도 8】


원래의 정보
Source Encoder
Channel Encoder
변조기
통신매체
복조기
Channel Decoder
Source Decoder
복구된 정보

【도 9】



【도 10】